

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS E ESCOLA DE  
ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**MARCIO ALEXANDRE NICKNIG**

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA EM AGRICULTURA  
FAMILIAR:  
UM ESTUDO DE CASO**

Porto Alegre  
Dezembro de 2015

MARCIO ALEXANDRE NICKNIG

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA EM AGRICULTURA  
FAMILIAR:  
UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Dr. Dieter Wartchow

Porto Alegre  
Dezembro de 2015

MARCIO ALEXANDRE NICKNIG

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA EM AGRICULTURA FAMILIAR:  
UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul defendido em 09/DEZEMBRO/2015 pela Comissão avaliadora constituída pelos profissionais:

Banca Examinadora:

---

Liesbet Olaerts  
Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

André Camargo de Azevedo  
Mestre em Tecnologia Ambiental e Metalurgia Extrativa pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Dieter Wartchow  
Doutor em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade de Stuttgart.

*Dedico este trabalho àqueles que acreditaram e acreditam em mim, não por necessidade, mas por opção.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeira e principalmente, ao meu professor e orientador Dieter Wartchow, por dar todo o suporte possível ao desenvolvimento deste trabalho, por compartilhar seu profundo conhecimento sobre saneamento, pela amizade e por compartilhar sua experiência de vida comigo e com todos os alunos que recebe, e prepara para o exercício da engenharia sanitária e ambiental, assim como da vida.

Agradeço aos amigos Marcos e Márcia Koehler, por mostrar interesse e prontamente aceitar e ceder sua moradia para o desenvolvimento deste projeto.

Agradeço ao amigo Matheus Koehler, por ser meus olhos, ouvidos e braços durante os períodos que não pude estar presente no local, monitorando e realizando eventuais reparos no sistema, e por toda a ajuda na sua execução.

Agradeço à companheira e amiga Karolina da Paixão, por todos os momentos que pude contar com seu apoio, escuta e carinho, ao longo dos últimos 3 anos. É responsável pela minha insistência na graduação mesmo com tantos empecilhos nesse caminho, dos quais apenas nós dois temos conhecimento.

## RESUMO

NICKNIG, M. A. Aproveitamento De Água Da Chuva Em Agricultura Familiar: Um Estudo De Caso. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental – Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.

Este trabalho tem por objetivo realizar o dimensionamento, execução e avaliação de um sistema de captação de água das chuvas, aplicando o recurso hídrico captado em um sistema de irrigação por gotejamento simplificado, visando atender a demanda de irrigação de uma horta orgânica, e por fim, avaliando a qualidade da água captada e o retorno do investimento realizado. Escolheu-se uma propriedade agrícola familiar, que realiza sua produção de forma orgânica, em local que facilitou a execução do projeto pelo autor. Foi realizada uma avaliação pluviométrica do local, utilizando-se o período crítico das séries históricas de precipitação para dimensionamento do reservatório do sistema, e sendo o sistema realizado conforme as normas técnicas referentes ao tema. Calhas, condutos, separadores da chuva inicial, filtro, reservatório foram dimensionados, e acoplado ao reservatório, foi instalado um sistema de irrigação por gotejamento caseiro. A água captada foi analisada, estando acima dos padrões especificados para o parâmetro de coliformes totais e termo tolerantes, demandando ainda uma ação corretiva, através da adição de hipoclorito de sódio em pequena dosagem, eliminando assim, conforme nova análise, a presença de coliformes. Foram instalados 6 ramais de irrigação na horta, os quais foram utilizados ao longo do segundo semestre de 2015. Foi estimado o tempo de retorno do investimento, sendo estimado que em aproximadamente 40 meses, a economia da demanda de água estipulada, associado ao aumento da produtividade causada pela irrigação da cultura principal da horta (morangos), paga o investimento realizado. O estudo conclui que na região avaliada existe grande disponibilidade hídrica a ser explorada com a captação das pluviosidades, porém a qualidade da mesma não é garantida como acredita o senso comum, necessitando de ações de monitoramento e correção, de acordo com o fim desejado.

**Palavras-chave:** Aproveitamento de água da chuva, qualidade da água das chuvas, saneamento rural.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Origem dos principais alimentos produzidos no Brasil. ....	19
Figura 2 - Evolução do PIB da Agricultura Familiar.....	19
Figura 3 - Histórico de desenvolvimento da agricultura orgânica em paralelo à sociedade. ...	21
Figura 4 - Áreas de captação para cada respectivo formato de telhado.....	26
Figura 5 - Alguns formatos comuns de calhas. ....	27
Figura 6 - Reservatório de tubos para água de descarte.....	31
Figura 7 - Reservatório com bola flutuante para vedação.....	32
Figura 8 - Separador e reservatório de água de descarte caseiro.....	33
Figura 9 - Filtro autolimpante para captação de água da chuva .....	34
Figura 10 - Implementação das etapas do projeto experimental ao longo do tempo.....	38
Figura 11 - Localização da propriedade.....	40
Figura 12 - Localização do município de Vera Cruz -RS.....	40
Figura 13 - Layout preliminar do sistema. ....	42
Figura 14 - Estações Pluviométricas na região do projeto. ....	44
Figura 15 - Precipitação anual acumulada no posto Botucaraí entre 1966 e 1986.....	45
Figura 16 - Precipitação anual acumulada no posto Botucaraí entre 1987 - 2006. ....	45
Figura 17 - Simulação do comportamento do reservatório no período 2003-2004.....	47
Figura 18 - Croqui com medidas principais para a aquisição do material hidráulico. ....	49
Figura 19 - Instalação da calha no beiral da aba de telhado escolhida. ....	50
Figura 20 - Vista superior do filtro autolimpante caseiro. ....	51
Figura 21 - Conexão entre calha e condutos. ....	51
Figura 22 - Sistema de separação da água de descarte. ....	52
Figura 23 - Instalação do reservatório de descarte. ....	52
Figura 24 - Saída do reservatório de descarte em tubos.....	53
Figura 25 - Vista do sistema de condutos e reservatório ao fundo.....	54
Figura 26 - Junção do conduto com o reservatório.....	54
Figura 27 - Fixação de poste para suporte das cargas dinâmicas do escoamento. ....	55
Figura 28 - Saída do Reservatório para o sistema de irrigação. ....	55
Figura 29 - Conduto do sistema de irrigação.....	56
Figura 30 - Sistema de gotejamento durante o primeiro teste. ....	57
Figura 31 - Detalhe da ramificação do sistema. ....	57

Figura 32 - Efeito da operação da irrigação por 10 minutos. ....	58
Figura 33 - Comparativo das precipitações históricas no mês de outubro na cidade de Porto Alegre. ....	60
Figura 34 - Volume acumulado ao longo do ano de 2015. ....	61
Figura 35 - Água captada no reservatório em setembro de 2015. ....	62
Figura 36- Ramais de irrigação em funcionamento. ....	68
Figura 37 - Amortização do Investimento. ....	69
Figura 38 - Balanço do volume do reservatório em cada dia do período simulado. Método da Simulação. ....	78
Figura 39 - Balanço do volume do reservatório em cada dia do período simulado. Método da Simulação (continuação). ....	79



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes de rugosidade para materiais constituintes de calhas comerciais. ....	28
Tabela 2 - Coeficientes de majoração do escoamento para curvas do sistema de calhas. ....	28
Tabela 3 - Critério Rio de Janeiro.....	29
Tabela 4 - Capacidade de condutores de seção circular (Vazão em L/min) .....	30
Tabela 5 - Valores de referência para o coeficiente de Runoff. ....	35
Tabela 6 - Parâmetros de qualidade da água das chuvas, para usos restritivos, porém não potáveis.....	37
Tabela 7 – Características das estações pluviométricas disponíveis. ....	44
Tabela 8 - Valores utilizados na aquisição dos materiais hidráulicos para o sistema. ....	48
Tabela 9 - Custos do sistema de irrigação.....	59
Tabela 10 - Resultados para presença de coliformes na análise 1. ....	63
Tabela 11 - Resultados físico-químicos para a análise 1. ....	63
Tabela 12 - Resultados da segunda análise - parâmetros físico-químicos. ....	65
Tabela 13 - Resultados da segunda análise - coliformes.....	65
Tabela 14 - Gastos totais com material. ....	66
Tabela 15 - Planilha de demonstração dos ganhos com o sistema, desconsiderando inflação e juros.....	67
Tabela 16 - Dados da Amortização.....	76

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DEP	Departamento de Esgotos Pluviais
ENSO	El Niño South Oscillation
FAO	Food and Agriculture Organization
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
IDF	Intensidade, Distribuição e Frequência
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
NBR	Norma Brasileira
NMP	Número Mais Provável
PIB	Produto Interno Bruto
PVC	Policloreto de Vinila
PRONAF	Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar
UFC	Unidade Formadora de Colônia
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNISC	Universidade de Santa Cruz do Sul
VBA	Visual Basic for Applications

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	14
2.	OBJETIVOS .....	17
2.1	OBJETIVO PRINCIPAL .....	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	18
3.1	AGRICULTURA FAMILIAR NO BRASIL .....	18
3.2	AGRICULTURA ORGANICA NO BRASIL .....	20
3.3	AGRICULTURA E CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA .....	22
3.4	CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	22
3.4.1	ÁREAS DE CAPTAÇÃO .....	24
3.4.2	CALHAS .....	27
3.4.3	CONDUTORES VERTICAIS .....	29
3.4.4	CONDUTORES HORIZONTAIS.....	29
3.4.5	GRADES, GRELHAS E SISTEMAS DE LIMPEZA.....	30
3.5	RESERVATÓRIO .....	34
3.6	LEGISLAÇÃO SOBRE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA .....	36
4.	PROJETO EXPERIMENTAL .....	38
4.1	ESCOLHA DO LOCAL.....	39
4.2	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA.....	41
4.2.1	DEMANDA DE ÁGUA A SER ATENDIDA .....	41
4.2.2	ÁREA DE CAPTAÇÃO.....	42
4.2.3	ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA DO LOCAL.....	43
4.3	DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO .....	46
4.3.1	DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS E CONDUTOS.....	47
4.3.2	ORÇAMENTO, AQUISIÇÃO E EXECUÇÃO .....	48
4.3.3	SISTEMA DE IRRIGAÇÃO .....	56
5.	RESULTADOS .....	60
5.1	VOLUME DE ÁGUA CAPTADO.....	60
5.2	Qualidade da Água Captada.....	62
5.3	MEDIDAS DE CORREÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA .....	64
5.4	RESULTADOS ECONÔMICOS.....	65
6.	DISCUSSÃO.....	70
6.1	A QUALIDADE DA ÁGUA NO RESERVATÓRIO .....	70

6.2	DIFICULDADES ENCONTRADAS E POSSIBILIDADES DE MELHORIAS .....	70
7.	CONCLUSÕES .....	72
8.	RECOMENDAÇÕES E ESTUDOS FUTUROS.....	73
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
10.	APÊNDICES .....	76
10.1	PLANILHA DE AMORTIZAÇÃO.....	76
10.2	PLANILHA DO DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO .....	77
10.3	ANÁLISES DAS AMOSTRAS DE ÁGUA CAPTADA .....	80

## 1. INTRODUÇÃO

A captação e o aproveitamento das águas pluviais, que hoje figuram como novo foco de pesquisa e inovação na gestão hídrica urbana é, na verdade, uma prática muito antiga. Ao longo do desenvolvimento dos centros urbanos e, conseqüentemente, dos seus serviços de captação, tratamento e distribuição de água, este item de consumo primário à sobrevivência não foi mais um achado escasso, tendo seu acesso facilitado e levado até onde o usuário o necessita, fazendo da água da chuva não mais importante, já que bicas públicas, fontes públicas, redes de distribuição e torneiras se tornaram itens cada vez mais comuns na vida urbana e, nos últimos vinte anos, também na vida rural. Porém, em tempos idos, principalmente em regiões com escassez de água ou má distribuição temporal da vazão nos corpos passíveis de captação, a água da chuva foi uma importante fonte de abastecimento para sanear as necessidades básicas de sobrevivência, prática que está em crescimento novamente nos tempos atuais.

Onde, e quando, a escassez de água se tornou perigosa à sobrevivência de grupos humanos, a água da chuva foi demandada como solução. Hari e Krishna (2002 apud DORNELLES, 2012) afirmam que existem evidências da utilização da água da chuva por volta de 3.000 A.C. em diversas regiões, a citar o deserto de Negev (Israel), Egito, Índia, Itália, México, Turquia e Grécia.

No Brasil, o uso mais tradicional, no que tange à aplicação organizada e institucionalizada da tecnologia de cisternas para captação de água da chuva, é realizado na região Nordeste, onde a escassez e má distribuição natural da água na região do semiárido levam à utilização da água da chuva para o atendimento de demandas básicas. Apontada como uma boa solução para o problema da demanda básica de água no semiárido, a captação de água da chuva enfrenta alguns problemas técnicos na sua aplicação para esse fim. Neto (2014) afirma que a implantação de cisternas nesta região possui alguns problemas técnicos, destacando a aplicação de um único volume de cisterna, desconsiderando assim o regime pluviométrico local e a demanda daquela unidade familiar, e desconsiderando elementos sanitários, qualitativos e fisiológicos inerentes ao uso da água da chuva. Este último é ainda bastante ignorado na divulgação desse tipo de tecnologia, sendo isso preocupante, pois a água proveniente da chuva nem sempre tem a qualidade adequada que se espera para o uso pretendido, tendo riscos sanitários na sua captação (telhados e calhas expostas ao ambiente) e,

por sua própria característica de possuir pouquíssimos, ou nenhum, sais minerais dissolvidos, pode ser necessária a realização de uma etapa de tratamento e/ou salinização anterior ao consumo humano.

Com extensa literatura, pesquisa e debate na sua aplicação nas situações de escassez de água, a tecnologia foco deste trabalho ainda tem sua aplicação muito reduzida nas zonas urbanas, mas com crescente demanda nos últimos anos devido à longa estiagem que se abate na região Sudeste do Brasil. Antes tomada apenas como fator a ser controlado dentro do perímetro urbano, para evitar danos e acidentes devido ao seu escoamento, a chuva tem se tornado nas cidades mais uma fonte de água para fins não potáveis. Nesse contexto, os projetos de captação de águas pluviais não focam mais apenas o controle da drenagem urbana e o atendimento da legislação relacionada ao tema, mas também vem em busca de aproveitar os volumes precipitados, reduzindo custos de manutenção e limpeza. Ao utilizar a água precipitada para realizar as atividades que não demandam necessariamente água potável, além de se controlar a drenagem, residências e condomínios têm auxiliado em reduzir a pressão sobre mananciais de abastecimento da população, sendo esta atitude de racionalizar a utilização da água dentro dos diversos fins existentes em uma residência, condomínio ou edifício comercial inclusive alvo de projetos de lei visando à obrigatoriedade de sistemas de captação e reuso da chuva em diversos municípios do país.

A legislação brasileira, em nível federal, ainda não se desenvolveu efetivamente no assunto, apesar de inúmeros projetos de legislação estarem em andamento na pauta do legislativo nacional. O caráter regional dos eventos de escassez de recursos hídricos pode explicar isso, e também explicar o motivo da existência de legislações bem consolidadas nos âmbitos estaduais e municipais. O estado de São Paulo, através da Lei Estadual Nº 12526, de 2 de janeiro de 2007, estabelece normas para a contenção de enchentes e a destinação de águas pluviais, exigindo projetos de controle de drenagem pluvial para lotes com área maior de 500 m<sup>2</sup>, assim como, dando diretrizes para dimensionamento e regulamentando a destinação das águas captadas em sistemas de reaproveitamento. Esta lei estadual traz diretrizes similares às que são postas pela ABNT NBR 15527 – Água de Chuva: Aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), uma norma técnica brasileira, surgida também no ano de 2007, que estabelece alguns parâmetros de projeto de captação e de monitoramento da qualidade das águas pluviais captadas. Legislações similares são adotadas nas cidades de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, Lavras, em Minas Gerais, em diversas cidades do interior paulista, e no Rio de Janeiro. Segundo VELOSO (2013), as

legislações municipais sobre o tema têm instituído a obrigatoriedade do reuso das águas pluviais em todos os novos projetos de condomínios, residenciais ou comerciais, que sejam verticalizados, ou com áreas superiores à 500 ou 600 m<sup>2</sup>, na maioria dos casos. No âmbito internacional, destaca-se o uso extensivo de sistemas de captação de águas pluviais na Austrália, um país onde a ocorrência de longos períodos de estiagem é recorrente, o reaproveitamento domiciliar da água da chuva se transformou em legislação federal durante o evento conhecido como *Millenium Drought*, em tradução livre, Seca do Milênio, um período de estiagem que se estendeu de 1997 até o ano de 2009, totalizando 12 anos de estiagem. Este período crítico, e as soluções dele advindas, tornam a gestão dos recursos hídricos na Austrália um modelo à ser estudado, tanto no âmbito legal quanto no âmbito técnico.

Reunindo todas essas perspectivas, clássicas ou mais atuais, da utilização da água da chuva no meio urbano e rural, o objetivo geral desse trabalho foi realizar um estudo prático, acompanhado da sua execução, da utilização da água de chuva para a irrigação de uma horta familiar, voltada à subsistência e cultivo de alguns itens para comercialização.

O trabalho realiza o dimensionamento do sistema de captação, utilizando dados hidrológicos da região e com estimativa de consumo local, demonstra a execução do projeto, e posteriormente caracteriza a água captada dentro dos parâmetros da ABNT NBR 15527 – Água de Chuva: Aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), avaliando a necessidade de tratamento ou não para utilização dos volumes captados para seu aproveitamento na agricultura familiar, e se necessário, aplica as alterações ao projeto, realizando no final um balanço econômico dos ganhos da aplicação e utilização do sistema.

A motivação deste trabalho é aplicar as técnicas consagradas de captação de água da chuva, com as diretrizes sanitárias atuais para esse objetivo, em um ambiente onde a água não seja um recurso escasso, focando assim nos fatores econômicos provenientes, como: redução de uso de água da rede pública, ganho de tempo com a irrigação por gotejamento a ser implementada, e ganho de produção com a irrigação da horta. Também no escopo do trabalho é abordada a diminuição da pressão sobre o manancial que abastece a região, já que a água captada apesar de não escoar para o manancial da mesma forma que se daria, ainda assim está dentro do seu ciclo hidrológico.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO PRINCIPAL**

Dimensionar, executar e avaliar tecnicamente um projeto de sistema de captação da água da chuva, visando atender a demanda de irrigação de uma horta de subsistência na agricultura familiar.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Avaliar e levantar dados do regime hidrológico da região;
- Estimar a demanda de água a ser atendida;
- Realizar o Dimensionamento do reservatório necessário através do Método da Simulação;
- Realizar o orçamento, aquisição e instalação dos condutos e reservatório determinados no dimensionamento;
- Instalar um sistema de irrigação por gotejamento caseiro;
- Fazer a caracterização da água captada a partir de parâmetros de qualidade da água (físicos, químicos e físico-químicos);
- Fazer uma avaliação do impacto econômico do projeto na renda familiar;



### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir são descritos, em cada área necessária abordar para desenvolver este trabalho, quais foram os referenciais e qual é o estado da arte nos aspectos abordados pelo estudo.

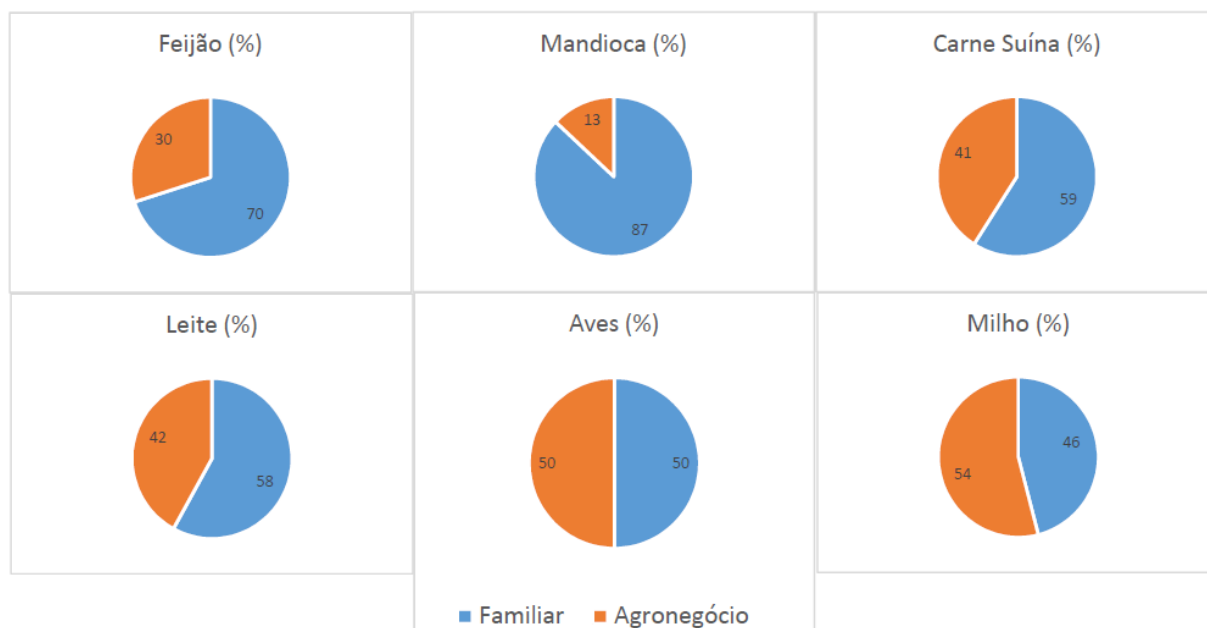
#### 3.1 AGRICULTURA FAMILIAR NO BRASIL

O termo “agricultura familiar” se originou de discussões sobre a agricultura descentralizada e localizada no início dos anos 90, sendo, segundo Schneider (2006), oficializado pelo lançamento do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF). O termo *agricultura familiar* no contexto político, social e econômico brasileiro tem concordância com a definição da Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO), que define:

A agricultura familiar inclui todas as atividades agrícolas de base familiar e está ligada a diversas áreas do desenvolvimento rural. A agricultura familiar consiste em um meio de organização das produções agrícola, florestal, pesqueira, pastoril e aquícola que são gerenciadas e operadas por uma família e predominantemente dependente de mão de obra familiar, tanto de mulheres quanto de homens. (FAO, 2014).

A economia familiar rural se mostra, portanto, na forma mais simples e tradicional de ocupação econômica na zona rural. Por ser, em sua essência, diversificada e descentralizada, oferece uma gama muito grande de atividades, investimentos, geração de empregos e geração de renda. O Ministério da Agricultura, utilizando dados do Censo Agropecuário 2014 (IBGE, 2015), informa que a agricultura familiar é responsável, de alguma forma, por cerca de 70% dos alimentos que chegam à mesa dos brasileiros, na figura 1 os principais produtos são descritos quanto à sua origem.

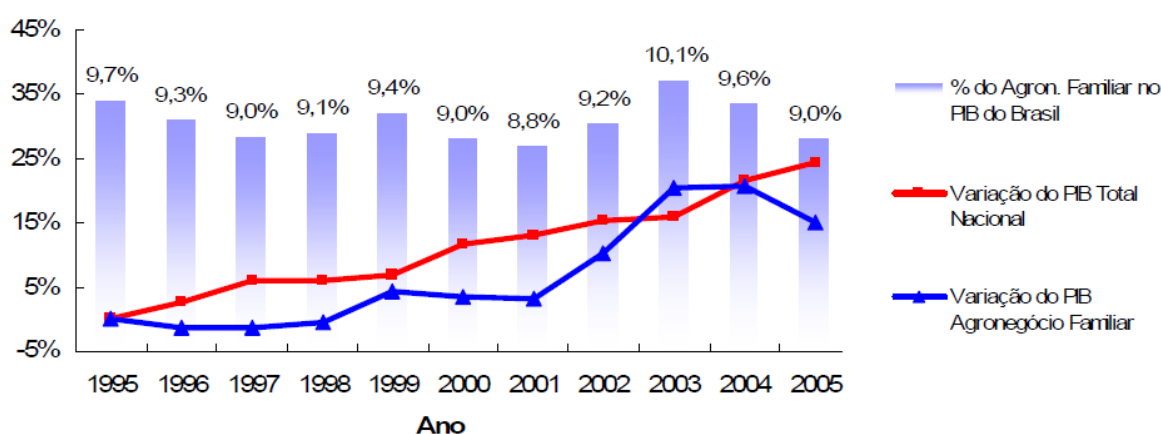
Figura 1 - Origem dos principais alimentos produzidos no Brasil.



**Fonte:** Adaptado pelo autor de Censo da Agropecuária 2015.

O cenário atual da agricultura familiar no Brasil é fruto de um processo de diversificação e reorganização dos investimentos a partir do início dos anos 2000, onde, como mostra Guilhoto et al (2006) na figura 2, que compara o PIB (Produto Interno Bruto) gerado no setor agropecuário familiar com o nacional.

Figura 2 - Evolução do PIB da Agricultura Familiar



Fonte: Guilhoto et al (2006), pg 8.

Os dados mostram que no início dos anos 2000 a agricultura familiar teve um auge de desenvolvimento econômico, ao ter um acréscimo na geração de renda maior do que a média nacional. O acompanhamento destes dados também mostra que a partir de 2005, esse

comportamento se inverteu, e esse fato foi o fator de impulso de novas abordagens de pesquisa e desenvolvimento no setor, como o incentivo à novas formas de produção visando mercados mais exigentes e que traziam maior oportunidade de lucros, como é o caso da agricultura orgânica.

### 3.2 AGRICULTURA ORGANICA NO BRASIL

A agricultura orgânica é um conjunto de técnicas tradicionais, associadas às novas técnicas de cultivo e manejo, estas segundas, frutos do foco em pesquisa na produção de alimentos sem insumos industrializados e sem defensivos agrícolas.

É provável que a história da agricultura orgânica tenha tido seu início na década de 20, relatada em um livro chamado “Um testamento agrícola” de 1940, escrito pelo trabalho do pesquisador inglês Albert Howard, que, em viagem à Índia, observou as práticas agrícolas de compostagem e adubação orgânica utilizadas pelos camponeses daquele local (FILHO et al. apud Alves et al. 2012).

O termo *agricultura orgânica* é aplicado de forma generalizada e sem respeitar definições oficiais, devido à sua proximidade com pseudociências, e em alguns casos até espiritualidades, prejudicando o desenvolvimento técnico e científico da mesma. Algumas definições podem ser encontradas na legislação brasileira, entre elas a Lei Federal 10.831, de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003).

Art. 1º Considera-se sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente. (BRASIL, Lei Federal 10.831, de dezembro de 2003.)

É necessário avaliar as transformações que ocorreram no setor agrícola paralelamente à interpretação da história da evolução econômica de uma forma geral (MAZZOLENI, 2006), como mostra a figura 3.

Figura 3 - Histórico de desenvolvimento da agricultura orgânica em paralelo à sociedade.

<b>1ª Revolução Industrial</b>	<b>1750</b>	<b>1ª Revolução Agrícola</b>
Máquinas a vapor; Siderurgia; Demanda de mão de obra nas áreas urbanas;	1760	União da agricultura e pecuária; Sistemas de Rotação; Fim do pousio;
	1770	Dependencia da matéria orgânica; Fim da escassez crônica de alimentos;
	1780	Liberação de mão de obra;
	1790	
	1800	
	1810	
	1820	
	1830	
	1840	2ª Revolução Agrícola
	1850	Fertilizantes químicos
		<b>Surgimento da monocultura, do "apropriacionismo" e da Agricultura Comercial;</b>
<b>2ª Revolução Industrial</b>	<b>1860</b>	
Motor de combustão interna; Combustíveis fósseis, Energia elétrica; Aço;	1870	
	1880	
	1890	Tratores de combustão interna
	1900	
	1910	Agricultura Biodinâmica (Alemanha)
	1920	Agricultura Organo-Biológica (Suíça)
Grandes crises sociais;	1930	Agricultura Orgânica (Japão)
	1940	Uso do DDT como inseticida
<b>Inovações Tecnológicas</b>	<b>1950</b>	
Crescentes desastres ambientais	<b>1960</b>	<b>Revolução Verde; Primavera Silenciosa;</b>
Conferência de Estocolmo	1970	Pacotes tecnológicos; Crédito subsidiado; Estruturas: ensino, pesquisa, extensão
<b>"Nosso futuro comum";</b>		
<b>"Desenvolvimento Sustentável"</b>	<b>1980</b>	<b>USDA: Relatório sobre Agricultura Orgânica</b>
ECO-92; Agenda 21	1990	Engenharia genética; Biopesticidas; Incentivos à Agricultura Orgânica;
	2000	

Fonte: Mazzoleni, 2006, adaptado pelo autor

Neste complexo processo de desenvolvimento, cabe destaque para este trabalho o momento de ruptura entre o modelo de pacote tecnológico voltado para a monocultura, trabalho dentro do que se chama de Revolução Verde, com o status de forma ótima de manejo agrícola. Isso se deu em 1984, com a publicação por parte do USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos), do Relatório de Recomendações Para Agricultura Orgânica, apenas poucos anos após esta corrente ter sido ridicularizada pelo secretário anteriormente responsável pela pasta no governo americano (MAZZOLENI, 2006).

Barbosa e Souza (2012), caracterizaram o produtor orgânico brasileiro com dados do Censo Agropecuário de 2006, e os dados analisados apontam que entre os 5.175.636 estabelecimentos agropecuários recenseados, apenas 1,75% destes, ou seja, 90.498 estabelecimentos, tem produção orgânica. Entre os que possuem este tipo de manejo, a maior atividade é a pecuária e a plantação de lavouras temporárias. O setor de horticultura e floricultura apresenta o maior crescimento no exercício referido e consequentemente potencial de expansão no mercado interno.

Os dados mostram que a maior parte dos produtores orgânicos são proprietários de sua área de cultivo (77,3 %), porém destes apenas 6% possuem algum tipo de certificação, enquanto que entre os produtores sem posse de sua terra, a certificação cai para 2,4%.

### 3.3 AGRICULTURA E CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

A experiência mais bem-sucedida de utilização da água da chuva na agricultura vem do caso de atendimento à demanda de subsistência do Projeto 1 Milhão de Cisternas. O uso das águas pluviais em larga escala, em um sistema de produção mais profissional, ainda se encontra em fase embrionária no Brasil, sendo a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), o principal órgão a realizar pesquisa científica sobre o tema.

No semiárido, a utilização de água da chuva tem sido fundamental para o desenvolvimento econômico das regiões mais atingidas pela escassez hídrica, fazendo uso da tecnologia das barragens subterrâneas (GNADLINGER, 2001). A EMBRAPA possui bibliografia mais extensa no que se refere ao uso na pecuária, para dessedentação, higiene e manutenção em maiores escalas, constituído no Manual de Captação de Água da Chuva na Produção de Suínos e Aves (OLIVEIRA, 2012). A agricultura de pequena e média escala ainda carecem de bibliografia similar, porém a EMPBRAPA possui linhas de pesquisa que em breve podem gerar este material.

### 3.4 CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

No Brasil, a captação de águas pluviais tem vasta literatura sobre sua execução em situações de escassez de água potável, entre manuais práticos de grupos de pesquisa independentes, manuais de drenagem urbana, e projetos de convivência com a seca, como o

P1MC (Projeto 1 Milhão de Cisternas), principalmente no semiárido nordestino, porém esta literatura se preocupa em determinar parâmetros fixos de projeto, e desconsidera peculiaridades locais na aplicação dos sistemas (NETO, 2014). Para orientar este tipo de projeto, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) possui uma coleção de normativas técnicas sobre o tema, a principal delas é a ABNT NBR 15527, e esta por sua vez, define que os projetos sobre o tema devem atender às seguintes normas:

- NBR 5626 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998), que trata sobre instalações prediais de água fria;
- NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989), que versa sobre instalações prediais de águas pluviais;
- NBR 12213 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992<sup>a</sup>), que trata sobre projetos de captação de água de superfícies para abastecimento pública;
- NBR 12214 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992<sup>b</sup>), que diz respeito a projetos de captação de água de superfícies para abastecimento público;
- NBR 12217 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994) que diz respeito a projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.

Paralelamente à normativa elaborada pela ABNT, a Agência Nacional de Águas (ANA) lançou em 2005 o material intitulado “Conservação e Reuso de Água em Edificações”, apresentando metodologia para projetos de captação e reuso de águas pluviais em edificações de médio e grande porte em áreas urbanas. De uma forma geral, este manual elenca como passos de projeto:

- a) Determinação da precipitação média mensal (mm/mês);
- b) Determinação da área de coleta;
- c) Determinação do coeficiente de escoamento;
- d) Projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, etc);
- e) Projeto do reservatório de descarte;
- f) Escolha de tratamento necessário;
- g) Projeto do reservatório;
- h) Caracterização da qualidade da água pluvial;
- i) Identificação dos usos possíveis da água;

Esta metodologia é dependente, para um projeto bem dimensionado, do conhecimento estatístico de dados pluviométricos do local, sendo este ainda uma grande dificuldade no país, também é voltado para projetos de maior complexidade que o desejado no escopo deste trabalho.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de São Paulo desenvolveu, buscando orientar os usuários em meio à explosão de projetos do tipo durante a estiagem que se abate no Sudeste, o Manual Para Captação Emergencial e Uso Doméstico de Água da Chuva (IPT,2014). Este manual, voltado para projetos simplificados e domésticos, traz os mesmos elementos principais dos manuais mais complexos, porém aponta soluções caseiras para a execução e controle da qualidade da água captada. Os elementos básicos de um projeto de captação de águas pluviais serão detalhados a seguir, comparando as diretrizes dos materiais citados.

#### 3.4.1 ÁREAS DE CAPTAÇÃO

De maneira geral, as áreas de captação são os telhados dos empreendimentos onde o projeto é desenvolvido, a NBR 10844 reúne as configurações mais comuns de telhados e coberturas, e o equacionamento para determinação da área contribuinte na captação de águas pluviais. Esta normativa se sobrepõe tecnicamente aos outros manuais e é adotada por todos eles.

Cada material possui uma rugosidade própria e por consequência, uma resistência ao escoamento da água respectiva. Esse fenômeno é descrito matematicamente através do Coeficiente de Escoamento (*Runoff*), variando também com o clima e a inclinação da superfície (MACINTYRE, 1996).

A vazão a ser escoado pela área contribuinte é calculada utilizando o Coeficiente de Escoamento, a área contribuinte, a intensidade da chuva analisada:

$$(1)$$

Onde:

$Q$  = Vazão escoada pela área (L/s);

$A$  = Área contribuinte para captação (m<sup>2</sup>);

$i$  = intensidade da precipitação (mm/h);

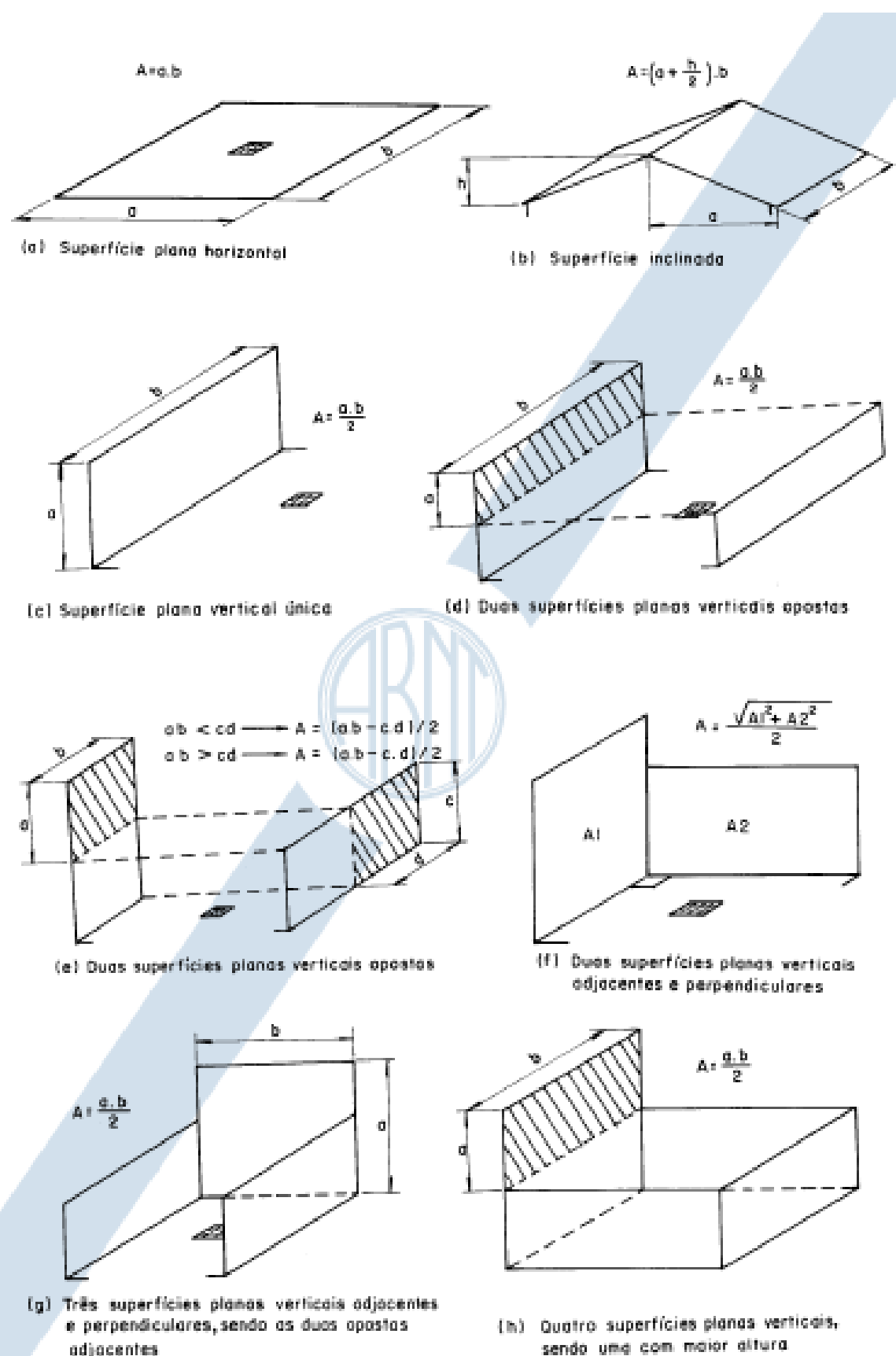
$c$  = Coeficiente de escoamento;

A orientação técnica proveniente das normas utiliza chuvas de projeto, aquelas determinadas por curvas IDF (Intensidade, Duração e Frequência), para calcular a intensidade de uma chuva com um período de recorrência desejado. O Manual de Drenagem Urbana de Porto Alegre (DEP, 2005), orienta a utilização de chuvas com tempo de retorno entre 5 e 10 anos para projetos de manejo e captação de água pluviais.

O cálculo da área contribuinte é realizado através das formulações de cada configuração de telhado, de acordo com a figura 4.



Figura 4 - Áreas de captação para cada respectivo formato de telhado.

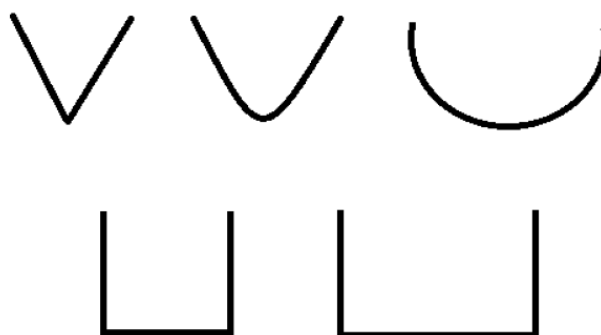


Fonte: ABNT NBR 10844 – Instalações Prediais de Água Pluvial, pg 5.

### 3.4.2 CALHAS

As calhas são o dispositivo hidráulico responsável por receber o escoamento dos telhados e guia-lo aos condutos verticais e/ou horizontais. O material comum para sua confecção é o PVC (poli cloreto de vinila), sendo comum ainda a utilização de aço galvanizado e concreto (Macintyre, 1996). Os formatos comuns de fabricação de calhas são os formatos em U e V, além do formato com corte retangular, como mostrado na figura 5.

Figura 5 - Alguns formatos comuns de calhas.



Fonte: Waschow, 2013, pg 34.

O dimensionamento de calhas é regido pela NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989). Obedecendo a fórmula de *Manning-Strickler*, apresentada na sequência, ou outra equivalente devidamente justificada. A declividade mínima exigida é de 0,5%.

$$\frac{V}{R_H^{2/3}} = \frac{1,49}{\eta} I^{1/2} \quad (2)$$

Onde:

$R_H$  = Raio Hidráulico (m);

$I$  = declividade (m/m);

$\eta$  = coeficiente de rugosidade;

Através da velocidade obtida, encontra-se a vazão correspondente, dividindo-a pela área contribuinte, ou diretamente adaptando da forma:

$$\frac{Q}{A} = \frac{R_H^{2/3} I}{\eta} \quad (3)$$

Onde:

$R_H$  = Raio Hidráulico (m);

$I$  = declividade (m/m);

$\eta$  = coeficiente de rugosidade;

$A$  = Área contribuinte (m<sup>2</sup>);

$Q$  = vazão de projeto (m<sup>3</sup>/s);

A NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989), traz uma relação de valores de  $\eta$ , para os materiais mais comuns na composição de calhas, transcrita na tabela 1.

Tabela 1 - Coeficientes de rugosidade para materiais constituintes de calhas comerciais.

MATERIAL	$\eta$
plástico, fibrocimento, aço, materiais não ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestidas	0,015

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989, pg 6.

Um detalhe a ser destacado é que a norma exige a utilização de coeficientes de majoração do escoamento nas proximidades de curvas no sistema de calhas, para calhas de beiral e platibanda. Os valores destes coeficientes e casos de aplicação estão transcritos na tabela 2.

Tabela 2 - Coeficientes de majoração do escoamento para curvas do sistema de calhas.

Tipo de curva	Curva a menos de 2m da saída da calha	Curva entre 2 e 4m da saída da calha
Canto reto	1,2	1,1
Canto arredondado	1,1	1,05

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989, pg 6.

Também se recomenda a adoção de inspeções e limpezas periódicas, assim como a instalação de grades e grelhas para reter possíveis detritos trazidos do telhado para o sistema.

### 3.4.3 CONDUTORES VERTICAIS

Responsáveis por coletar a água das calhas, direcionando-a para o reservatório ou condutos horizontais, tem seu padrão de matéria prima empregada similar ao das calhas, sendo principalmente constituídos de PVC. Podem ser ligados diretamente às calhas, mas recomenda-se a existência de grelhas para obstrução de folhas, papéis e detritos diversos (MACINTYRE, 1996).

A NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996), determina que o diâmetro mínimo a ser utilizado seja de 70 mm, e fornece ábacos para determinar o melhor diâmetro para situações de projeto. Macintyre (1996) sugere outro método para o dimensionamento de condutores verticais, chamado de Critério Rio de Janeiro, representado na tabela 3.

Tabela 3 - Critério Rio de Janeiro.

Diâmetro do condutor (cm)	Uso corrente no Rio de Janeiro	
	Área máxima de cobertura (m <sup>2</sup> )	Capacidade de esgotamento (L/min)
5	46	116
6,3	89	224
7,5	130	328
10	288	726
12,7	501	1263
15	780	1966
20,3	1616	4072

Fonte: Macintyre, adaptado pelo autor.

### 3.4.4 CONDUTORES HORIZONTAIS

Condutores horizontais são aqueles, segundo a NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996), onde a sua declividade é menor que 0,5%. Para seu dimensionamento, a norma determina considerar que 2/3 do diâmetro interno do conduto seja ocupado por líquido, e que seus parâmetros sejam obtidos pela fórmula de *Manning-Strickle*. Alguns resultados possíveis são tabelados, e trazidos junto à norma citada, auxiliam no dimensionamento. Estes valores tabelados são mostrados na tabela 4.

Tabela 4 - Capacidade de condutores de seção circular (Vazão em L/min)

	Diâmetro Interno (D) (mm)	$\eta = 0,011$				$\eta = 0,012$				$\eta = 0,013$			
		0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
6	200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
7	250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
8	300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

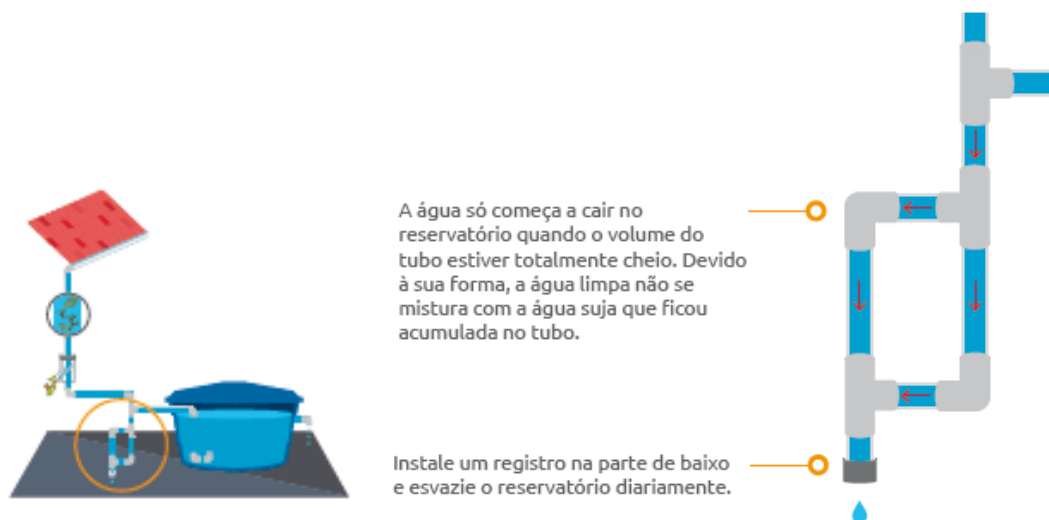
Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989, pg 7

### 3.4.5 GRADES, GRELHAS E SISTEMAS DE LIMPEZA

Os condutos recebem água diretamente das calhas e esta água, advinda dos telhados, muitas vezes apresenta impurezas diversas, desde folhas e pequenos galhos, até animais mortos e excrementos de aves. Estas impurezas se acumulam nos telhados e coberturas nos períodos secos, e são carregadas pelas chuvas no momento de precipitação.

Os dados mostram que 80% das impurezas da superfície de captação são carregadas nos momentos iniciais das chuvas (TUCCI, 2005). Este fato torna como forma mais eficiente de manter a qualidade da água que é direcionado ao reservatório e implantação de um pequeno reservatório de água de descarte, visando captar o fluxo inicial contaminado. A norma NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) diz que o volume interceptado deve ser determinado pelo projetista, após estudo do local, e na ausência de dados, deve ser adotado volume equivalente à 2mm de chuva sobre a área de captação. Para realizar a captura desse volume de água, a norma não traz definição e deixa à cargo do projetista. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) desenvolveu no início do corrente ano de 2015 um manual voltado para a captação de água da chuva com baixo custo e de forma caseira. Na figura 6 são mostradas sugestões deste manual para a construção deste item do sistema.

Figura 6 - Reservatório de tubos para água de descarte.

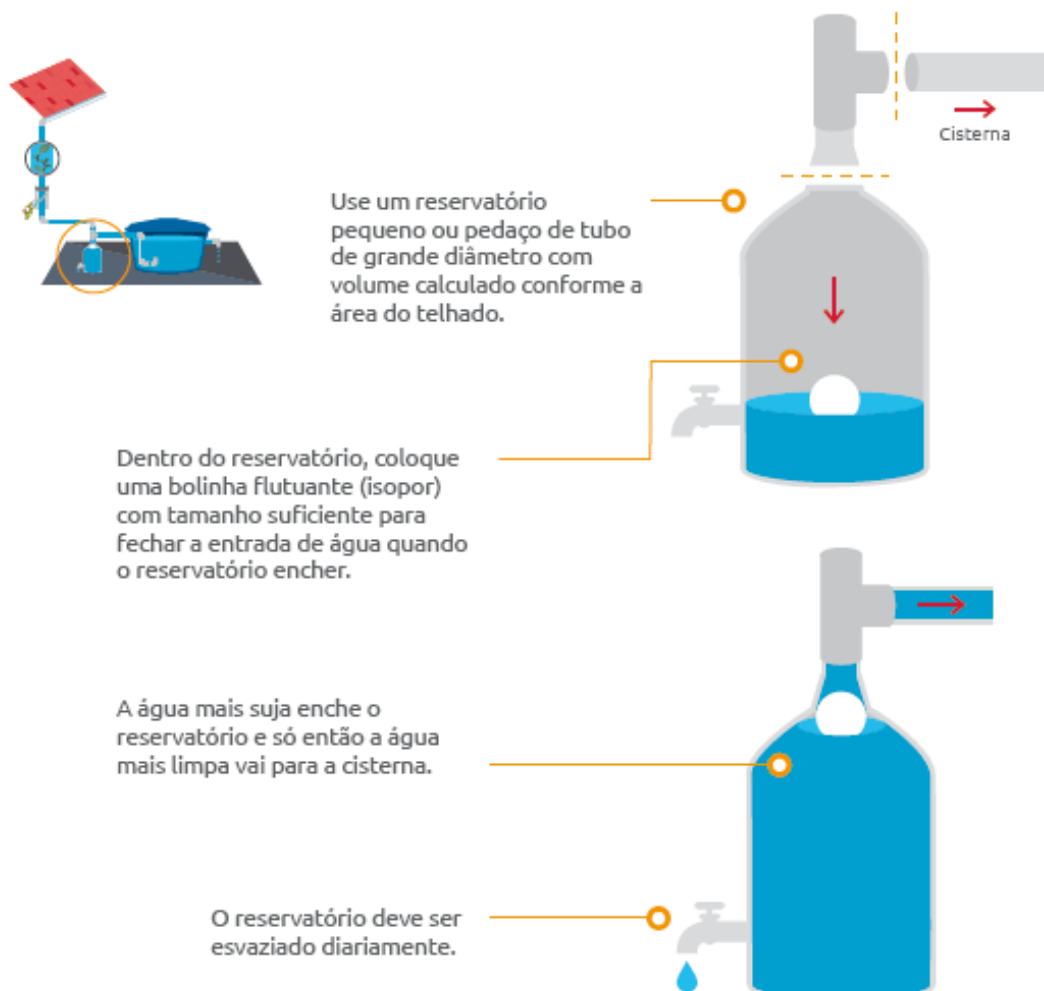


Fonte: Manual Para Captação Emergencial e Uso Doméstico de Água da Chuva, IPT, pg 17.

Outra opção dada pelo manual do IPT é mostrada na figura 7.

Figura 7 - Reservatório com bola flutuante para vedação.

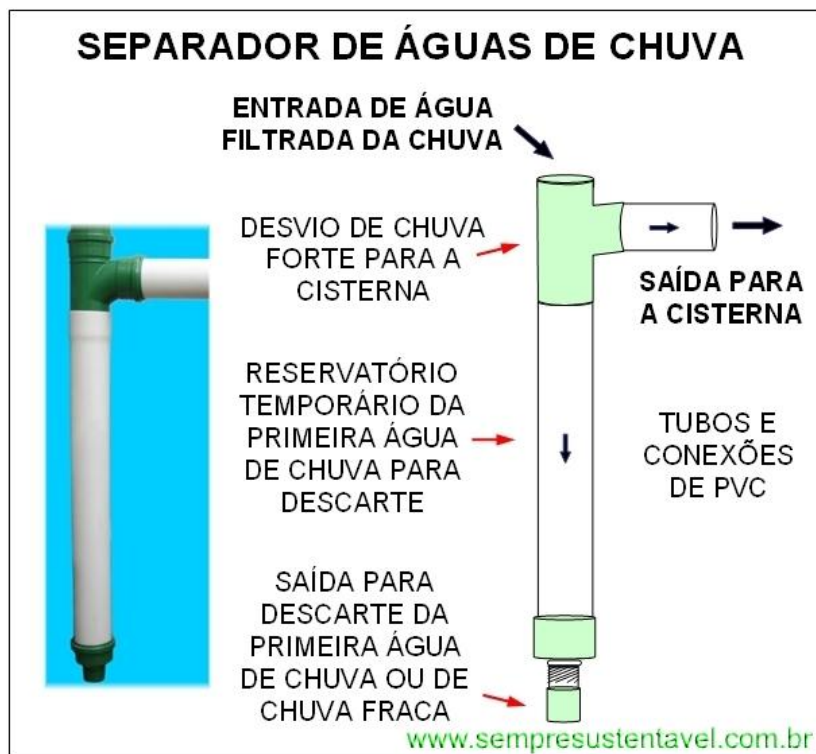
### 1. Reservatório com bolinha flutuante



Fonte: Manual Para Captação Emergencial e Uso Doméstico de Água da Chuva, IPT, pg 16.

Este sistema de reservatório para água de descarte é mais compacto, porém a regulação através de um corpo flutuante do fluxo é arriscada, no que se refere à sua vedação. Sistemas mais simples, utilizando os mesmos princípios do manual do IPT são apresentados em publicações eletrônicas sobre o tema. O endereço *Sempre Sustentável* (Fonte: <http://sempresustentavel.com.br/>) traz sugestões caseiras de baixo custo, como o separador/reservatório de água de descarte apresentado na figura 8.

Figura 8 - Separador e reservatório de água de descarte caseiro.

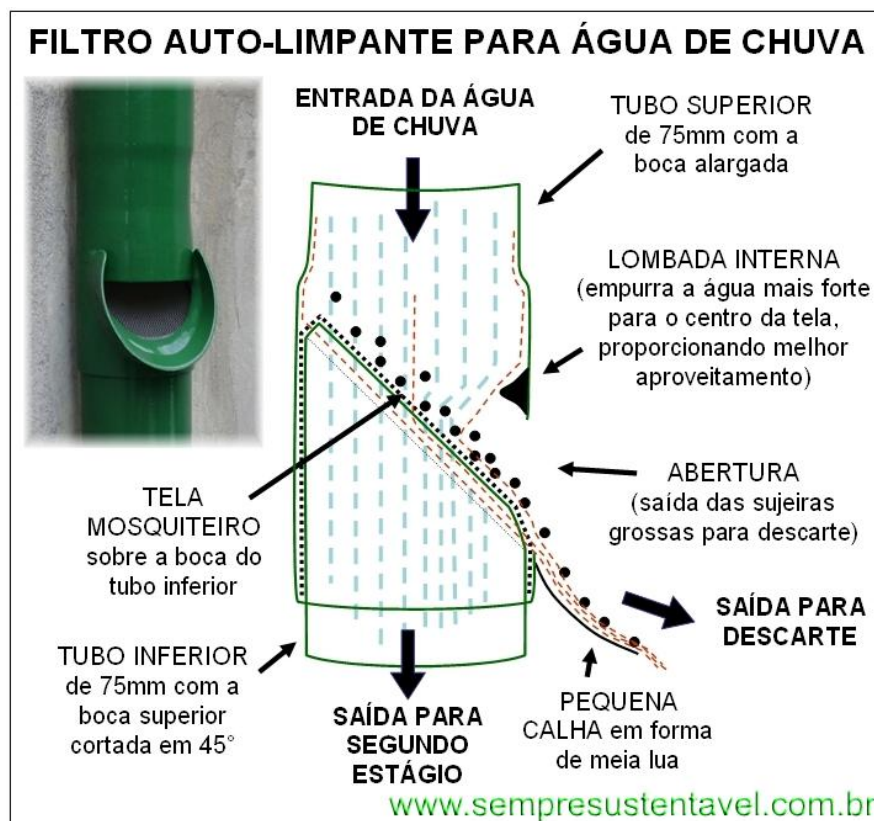


Fonte: [www.sempresustentavel.com.br](http://www.sempresustentavel.com.br) – Reservatório de descarte de baixo custo, 2015.

Independentemente do tipo de reservatório para a água de descarte utilizado, todos os manuais e normas recomendam a utilização de um filtro para separar detritos e material grosseiro que possa vir da lavagem do telhado e das calhas. O mesmo endereço citado acima, *Sempre Sustentável*, traz um modelo de filtro autolimpante que se enquadra nos requisitos e recomendações do manual do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. Este filtro é apresentado na figura 9.



Figura 9 - Filtro autolimpante para captação de água da chuva



Fonte: [www.sempresustentavel.com.br](http://www.sempresustentavel.com.br) – Filtro autolimpante de água da chuva, 2015.

### 3.5 RESERVATÓRIO

Possui a função de armazenar a água coletada e separada pelo sistema, e que será futuramente reaproveitada. O dimensionamento do reservatório deve levar em conta o volume possível de ser captado, a demanda estabelecida ou estimada, e também critérios econômicos, técnicos e ambientais. O posicionamento do reservatório deve se dar de forma favorável ao uso do escoamento por gravidade, sempre que possível. A norma NBR 12217 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994) estabelece critérios técnicos obrigatórios para este tipo de estrutura, e deve ser seguida.

O dimensionamento do volume que o reservatório deverá possuir parte do volume possível de ser captado, e a norma NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) define que este volume deve ser calculado pela fórmula 4.

(4)

Onde:

$V$  = volume captado ( $m^3$ );

$P$  = precipitação (mm);

$A$  = área de captação ( $m^2$ );

$C$  = coeficiente de runoff;

$n$  = eficiência do sistema de captação;

O coeficiente de *runoff*, ou escoamento, é uma relação entre o escoamento efetivo de uma superfície, com a lâmina de água nela precipitada. Diferentes valores deste coeficiente se devem à absorção pelo material e pela resistência que ele apresenta ao escoamento. A tabela 5 traz alguns valores de referência.

Tabela 5 - Valores de referência para o coeficiente de Runoff.

Material	C
Telhados perfeitos, sem fuga	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas em bom estado	0,85 a 0,90
Pavimentações de paralelepípedos, ladrilhos, ou blocos de madeira com juntas bem vedadas	0,75 a 0,85
Idem anteriores, mas sem juntas vedadas	0,5 a 0,7
Superfícies revestidas, pátios de estrada, terrenos descampados	0,1 a 0,3
Parques, jardins, gramados e campinas	0,01 a 0,20

Fonte: Macintyre, 1996, adaptado pelo autor.

Aplicando a fórmula 4 a uma chuva de projeto, ou em um histórico pluviométrico, obtém-se o volume a ser potencialmente captado. A norma NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) sugere o emprego dessa informação em um dos seis métodos de dimensionamento por ela sugeridos: Método Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano.

Os métodos acima citados, trabalham através da aplicação da equação da continuidade em um reservatório, tendo como entrada séries históricas de precipitação ou chuvas de projeto estimadas, e como saídas as demandas a serem atendidas, alguns, ainda, trazem coeficientes visando simplificar a sua aplicação, mas nestes casos o método fica restritivo às situações nas quais houve a simplificação, uma vez que em condições de contorno diferentes das originais, estes coeficientes acarretam em erros no processo. O Método Rippl considera além da

demanda de consumo, a evapotranspiração no reservatório, e então aplica a equação da continuidade. O método de Azevedo Neto traz coeficiente, a ser multiplicado pela área de captação, estimativa de volume precipitado anual, e o volume aproveitável dessas precipitações. O Método Alemão determina que o reservatório possua 6% do volume anual que se pretende ser utilizado, e diferindo do Método Inglês no fato que este último utiliza 5% do volume anual a ser utilizado. O Método Prático Australiano é o mais detalhado, considerando perdas por evapotranspiração e falhas no sistema, mas também fazendo um balanço entre entradas e saídas do reservatório. Por fim, o método escolhido, o Método da Simulação, desconsidera evapotranspiração e falhas do sistema, e faz um balanço de entradas e saídas do reservatório através da relação entre a série histórica de precipitações, a área de captação e a demanda a ser atendida. Optou-se por este último por mostrar-se simples e ao mesmo tempo considerar o fator local no dimensionamento, sendo adaptável a diversas situações.

### 3.6 LEGISLAÇÃO SOBRE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

A norma NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) foi a primeira normativa da ABNT sobre o assunto, mas antes dessa normatização, diversos Estados e municípios legislaram sobre o tema, incentivando, regrando e em alguns casos restringindo o uso das águas pluviais. O estado de São Paulo é um dos pioneiros nessa discussão, e tem, também do ano de 2007, uma lei na capital paulista que obriga a implementação de sistemas de captação e retenção da água das chuvas em lajes, coberturas, terraços e pavimentos descobertos. A Lei nº 12526 (SÃO PAULO, 2007) traz essa obrigação aos lotes com mais de 500 m<sup>2</sup>, visando controlar a drenagem urbana e racionalizar o uso da água.

O município de Porto Alegre também possui legislação nesse sentido. Criado pela Lei nº 10506 (PORTO ALEGRE, 2008), o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas determina as diretrizes básicas para o reaproveitamento e manejo das águas pluviais. O programa determina que as águas pluviais devem ser captadas em coberturas de edificações, armazenadas em cisternas e utilizadas para fins não potáveis dentro dos condomínios e prédios. Segundo Dornelles (2012), a lei enfrenta obstáculos para

sua execução na falta de logística de cadastro e fiscalização, sendo aplicada apenas à lotes com mais de 500 m<sup>2</sup>.

Quanto à avaliação da qualidade das águas captadas, a norma NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) traz avanços ao delimitar parâmetros de avaliação, assim como valores chave para estes parâmetros. A tabela 6 traz os parâmetros e seus valores.

Tabela 6 - Parâmetros de qualidade da água das chuvas, para usos restritivos, porém não potáveis.

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre <sup>a</sup>	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT <sup>b</sup> , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH <sup>c</sup>
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
<sup>a</sup> No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
<sup>b</sup> uT é a unidade de turbidez.		
<sup>c</sup> uH é a unidade Hazen.		

Fonte: NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

Estes parâmetros, apesar de serem um guia para avaliação das águas pluviais, não substitui outras normas mais rígidas, como por exemplo, a resolução CONAMA 357, do Conselho Nacional de Meio Ambiente. Esta resolução, por exemplo, exige que para a irrigação de hortaliças e outras plantas rasteiras que são ingeridas cruas, a água para irrigação deve ser de Classe I.

Águas de Classe I são águas consideradas nobres, possuem inúmeros parâmetros físico, químicos e físico-químicos exigentes, e de acordo com a legislação relacionada, são destinadas ao consumo humano após tratamento simplificado (cloração), para irrigação de culturas consumidas cruas, para fins recreativos de contato direto e para dessedentação de animais.

#### 4. PROJETO EXPERIMENTAL

As atividades do projeto experimental ocorreram entre janeiro e novembro de 2015, iniciando pela escolha do local alvo do projeto, aquisição dos dados hidrológicos, dimensionamento das estruturas, orçamento e aquisição dos materiais necessários, instalação do sistema, monitoramento da captação de águas pluviais e avaliação da água captada. De forma breve e resumida, a tabela 10 mostra quando cada uma destas etapas foi realizada ao longo do período do experimento.

Figura 10 - Implementação das etapas do projeto experimental ao longo do tempo.

	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15
Escolha do Local											
Definição de Demanda											
Avaliação das áreas de captação											
Análise pluviométrica											
Dimensionamento do Reservatório											
Dimensionamento das estruturas											
Orçamentação											
Aquisição											
Instalação											
Instalação da Irrigação											
Monitoramento do reservatório											
Avaliação da qualidade da água captada											

Fonte: autor.

#### 4.1 ESCOLHA DO LOCAL

O objetivo deste trabalho é projetar, executar e avaliar o impacto econômico de um sistema de captação de água da chuva em ambiente rural familiar. Para esse intuito, buscaram-se agricultores que se encaixassem neste perfil. A propriedade escolhida possui certificado de produção orgânica desde 2011, quando aderiu a um programa de produção de tabaco orgânico. Também se destaca a participação da mesma em um projeto de Pagamento por Serviços Ambientais, onde recebe um auxílio financeiro em troca da proteção de uma nascente e sua mata ciliar ao longo da propriedade. Estes fatos, associados à característica de produção diversificada da agricultura familiar da região, ocasionou a conversão total da produção ao manejo orgânico, e aí se inclui:

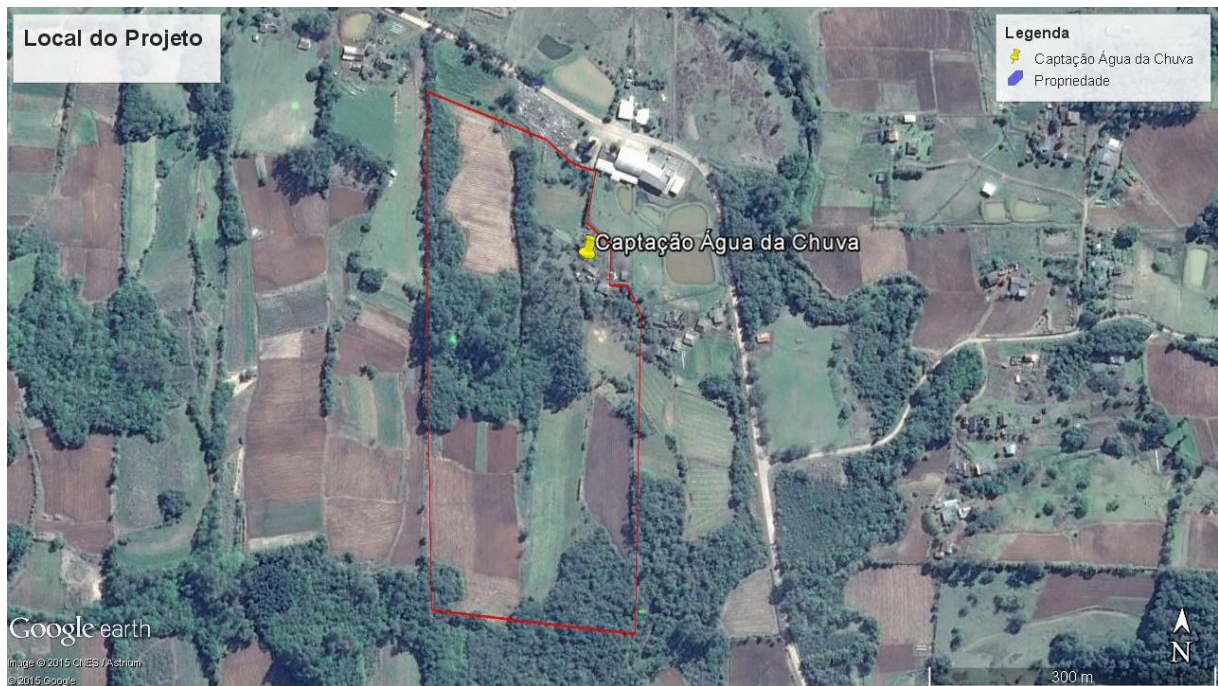
- Produção de tabaco – atividade econômica principal;
- Produção de morangos;
- Produção de hortaliças;
- Produção de frangos e suínos, e
- Produção de mudas de morangos e hortaliças;

Localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul, no Vale do Rio Pardo, o município de Vera Cruz se localiza na parte alta da bacia do Rio Pardo. Os mananciais de maior importância no município são o Rio Pardo, e o Arroio Andreas. Por ser mais próximo ao centro, e em cota facilitadora, a captação de água para distribuição pública é realizada no Arroio Andreas, que possui uma vazão relativamente pequena. A bacia do Arroio Andreas é foco de algumas atividades que visam recuperar o ecossistema ciliar do mesmo, e este projeto também auxilia nesse aspecto, diminuindo o uso de água da rede pública, e por consequência, a pressão sob o corpo hídrico. A adoção deste tipo de projeto de forma sistemática pode incrementar os esforços de preservação na bacia.

Geograficamente, o local de estudo localiza-se nas coordenadas de latitude 29°39'15.98"S e longitude 52°30'7.89"O. As figuras 11 e 12 descrevem o local através de imagens de satélite.

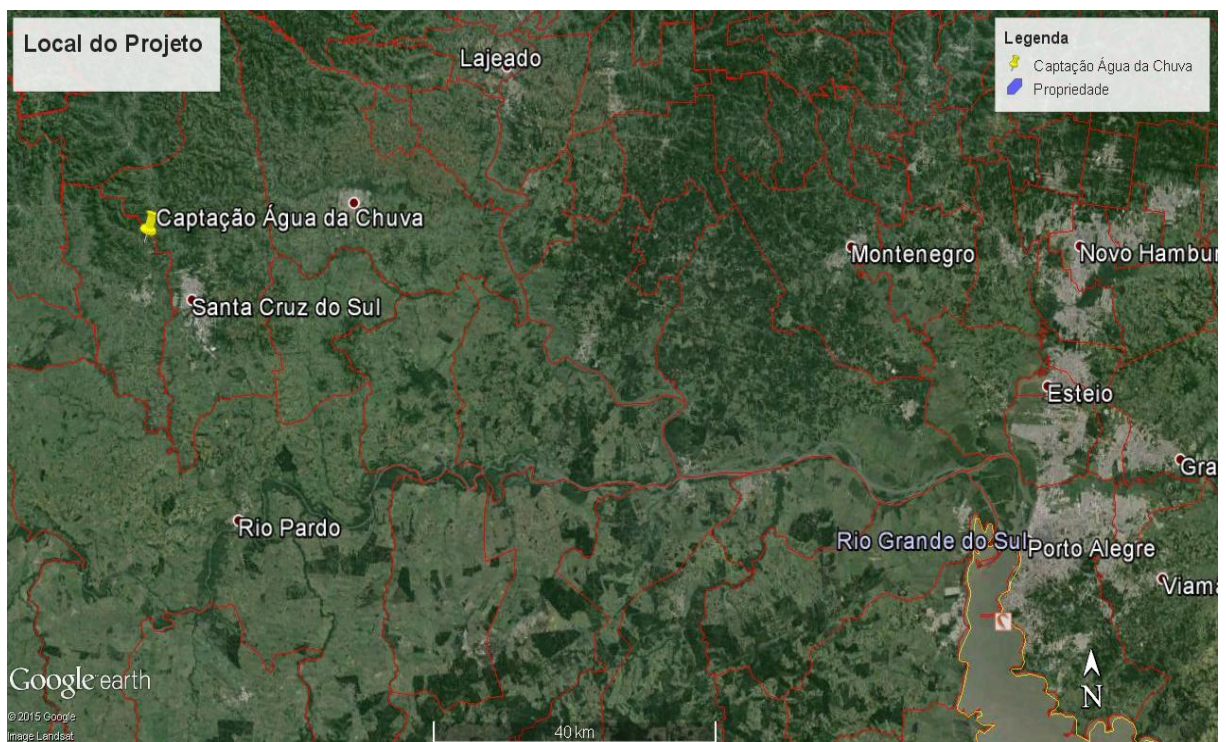


Figura 11 - Localização da propriedade.



Fonte: Google Earth, imagem datada de 11/2008.

Figura 12 - Localização do município de Vera Cruz -RS.



Fonte: Google Earth, imagem 2008.

## 4.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

O dimensionamento do sistema foi guiado pela NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), com algumas adaptações que serão descritas em detalhes. De forma resumida, pode-se definir cinco passos para a realização do projeto como um todo:

- Definição da demanda de água a ser atendida;
- Análise pluviométrica do local escolhido;
- Definição da área de captação necessária e/ou possível de ser utilizada;
- Dimensionamento do reservatório através do Método da Simulação (opção do autor por este método entre os recomendados pela norma);
- Projeto e Implementação do Sistema de Captação de Água Pluvial;

Realizando estes passos, determinou-se o potencial de captação de água no local, estabeleceu-se uma demanda de consumo para o local, tendo em vista usos desejados pelo proprietário do local para esta água, e dimensionou-se um reservatório que atendesse esta demanda na maior parte do tempo. O processo, em detalhes, é descrito a seguir.

### 4.2.1 DEMANDA DE ÁGUA A SER ATENDIDA

Para determinar a necessidade de água que o projeto deveria atender, foi realizada entrevista com o proprietário do lote para avaliar os itens necessários para estabelecer uma demanda de projeto. Sendo o foco atender a horta de subsistência do local, onde são diversos cultivos praticados, seria complexo, e posteriormente restritivo ao produtor, determinar a demanda com base na evapotranspiração das culturas ali aplicadas no período de execução do projeto. Somou-se à isso a intenção do proprietário de fazer uso das águas pluviais também para limpeza de utensílios agrícolas, maquinário e áreas construídas no entorno do galpão da propriedade.

Realizou-se um prognóstico de culturas a serem futuramente desenvolvidas na horta, e utilizou-se um valor médio de demanda diária de água com base na experiência adquirida do agricultor na irrigação da horta, e também na utilização de água para a higienização do ferramental agrícola. Há necessidade de higienização constante, devido às exigências que a certificação de produção orgânica exige do proprietário. Conclui-se, de pleno acordo com o agricultor que recebe o projeto, que uma demanda de 200 L/dia seria a demanda de projeto,

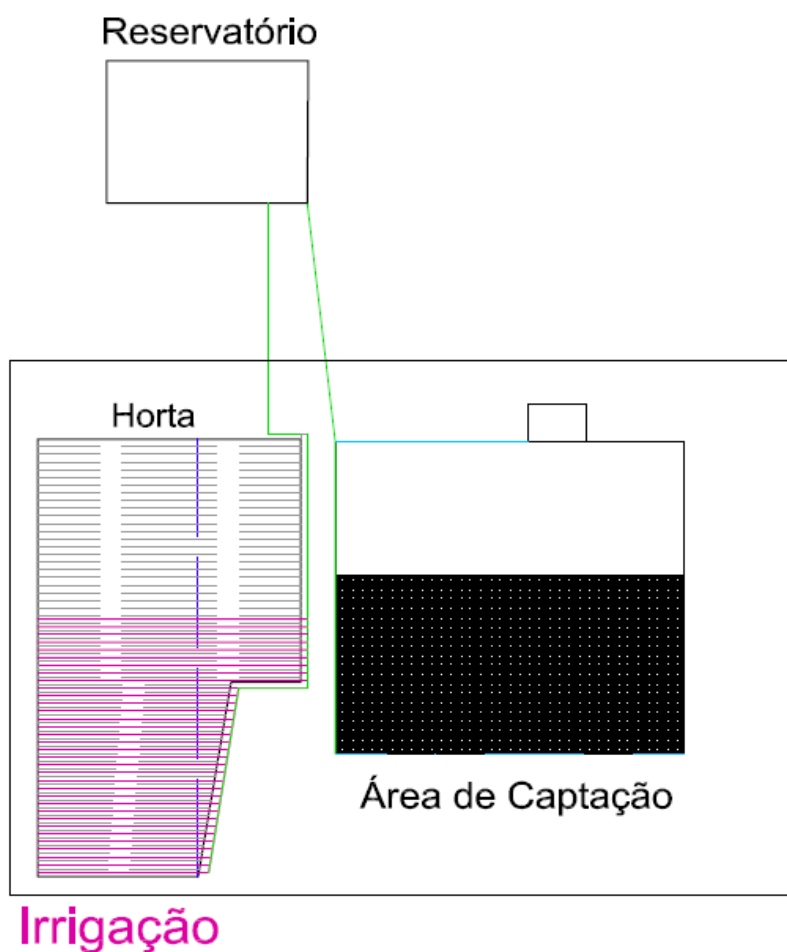


havendo a possibilidade de reduzir-se esta demanda para 100 L/dia caso fosse facilitador à implementação, sem prejudicar o objetivo principal de irrigar a horta.

#### 4.2.2 ÁREA DE CAPTAÇÃO

A área de captação das precipitações na propriedade escolhida foi o telhado da residência. Optou-se por esta estrutura devido ao seu material de fabricação, telhas de fibrocimento pintadas com tinta acrílica, por haver periódica limpeza do mesmo, e também pela facilidade de instalação das calhas necessárias. A aba de telhado a ser utilizada possui uma área de 100,75 m<sup>2</sup>, e a disposição dos componentes do sistema foi realizada de comum acordo com o proprietário, visando utilizar apenas a força da gravidade para a captação, e posteriormente para a irrigação por gotejamento da horta. O layout preliminar pode ser observado na figura 13.

Figura 13 - Layout preliminar do sistema.



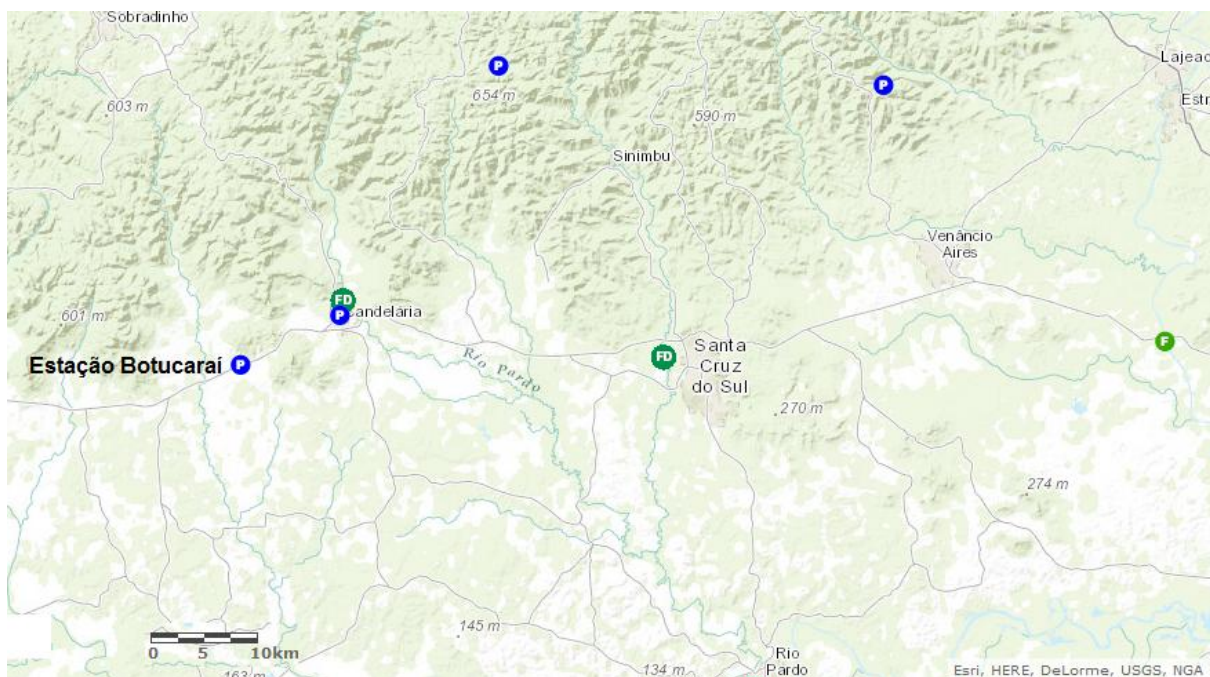
Fonte: autor.

#### 4.2.3 ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA DO LOCAL

A bibliografia sobre projetos relativos à drenagem pluvial recomenda a utilização de uma chuva de projeto, com Tempo de Retorno entre 5 e 10 anos, e isso traz implicitamente a necessidade de uma curva IDF (Intensidade, Distribuição e Frequência) para o local de projeto. O local, por ser ermo e não possuir problemas de drenagem urbana significativos, não possui ainda estes parâmetros determinados, e a utilizar uma curva IDF de outro local, implicaria em utilizar as curvas para os municípios de Porto Alegre, Santa Maria ou Caxias do Sul, o que acarretaria em grandes erros. Optou-se, portanto, em não utilizar uma chuva estimada com parâmetros longínquos, e então aplica-la através de uma série artificial no Método da Simulação descrito na norma específica sobre captação de água da chuva, mas ao invés disso aplicar o método da simulação em dados históricos primários, medidos em algum ponto próximo do local, e através do Método da Simulação, verificar o comportamento de um reservatório de um determinado volume, buscando aquele que melhor se adequasse ao objetivo do projeto, de atender a demanda estipulada na maior parte do tempo, e por período relativamente longo.

Utilizou-se a base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, da Agência Nacional de Água (ANA), para buscar as estações da Rede Hidrometeorológica Nacional que se encontram na região. Localizaram-se quatro, sendo elas as estações de Candelária, no Botucaraí, em Venâncio Aires, e Herveiras. A figura 14 relaciona os postos automáticos da ANA com o local do projeto.

Figura 14 - Estações Pluviométricas na região do projeto.



Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. <http://snirh.gov.br/>

Entre as estações com dados disponíveis, mostradas na figura 15, as séries temporais diferiram muito quanto à extensão no tempo, e à continuidade da captura de dados. A tabela 7 mostra essa variabilidade.

Tabela 7 – Características das estações pluviométricas disponíveis.

Estação	Início da Série	Término	Períodos sem medição
Herveiras	2004	2014	Sim (trechos)
Venâncio Aires	2004	2014	Sim (2007)
Candelária	1985	2004	Não
Botucaraí	1965	2006	Não

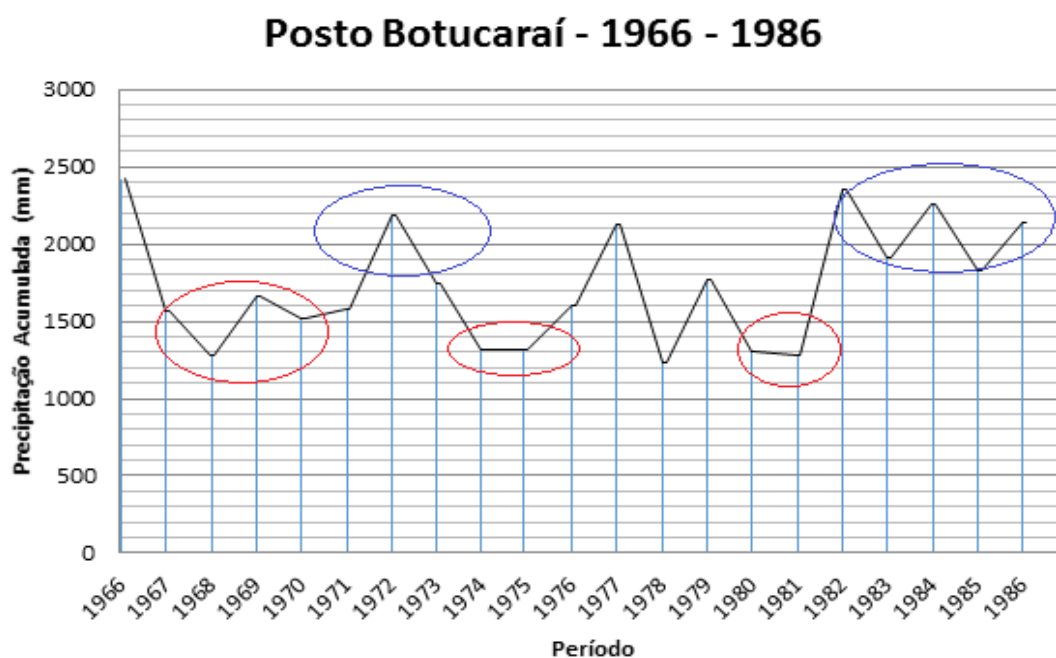
Fonte: Autor.

A análise das séries de dados mostrou que a estação Botucaraí, localizada a aproximadamente 20 km do local do projeto, e com um microclima muito similar, possuía uma série histórica completa, com dados já consolidados, e que abrangia um período muito superior às demais estações. Por estes motivos, optou-se por utilizá-la na simulação.

Definida uma vez a série histórica a ser utilizada, o autor procurou por períodos críticos no regime pluviométrico apresentado na região. Graficando as precipitações registradas pela estação, percebeu-se alguns comportamentos cíclicos interessantes, que futuramente poderão ser melhor analisados. Aqui se destaca a ocorrência cíclica de anos com

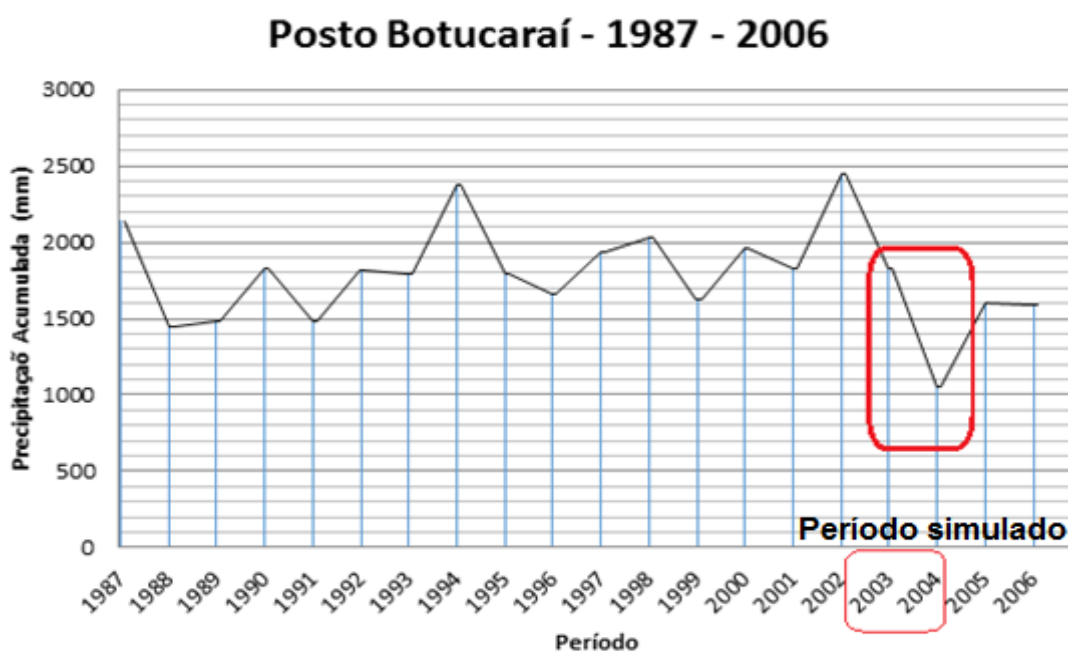
extrema precipitação, seguidos de períodos de estiagem, de forma intercalada e constante, estabelecendo ciclos de precipitações acima da média, seguidos de períodos de estiagem. As figuras 15 e 16 demonstram esse comportamento.

Figura 15 - Precipitação anual acumulada no posto Botucaraí entre 1966 e 1986.



Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, adaptado pelo Autor.

Figura 16 - Precipitação anual acumulada no posto Botucaraí entre 1987 - 2006.



Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, adaptado pelo Autor.

Além dos fatos destacados sobre a periodicidade de eventos e grande e baixa pluviometria, o gráfico da série histórica mostra a ocorrência de um evento extremamente atípico, no registro apresentado, no ano de 2004. Tomando este ponto como objetivo de atendimento, ao menos parcial, aplicou-se o Método da Simulação, descrito na norma NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

#### 4.3 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

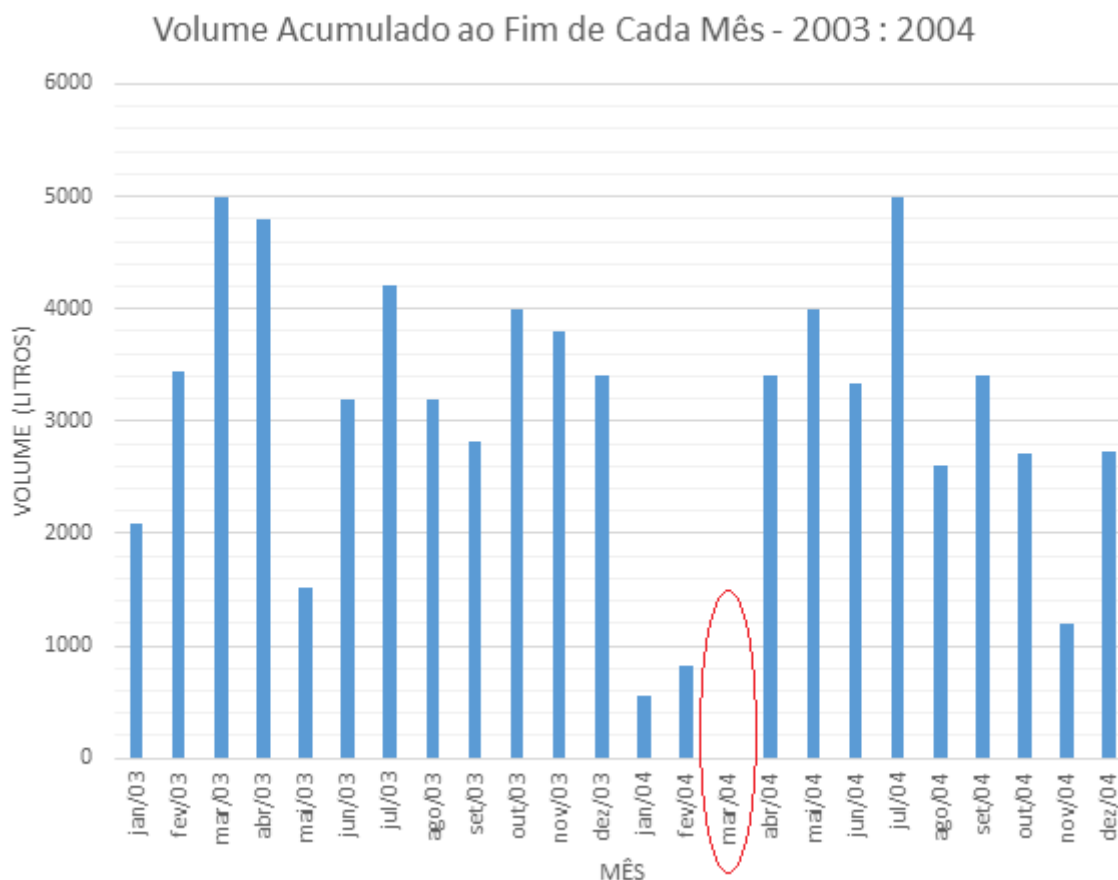
O Método da Simulação foi aplicado em ciclos que tinham como intervalo de tempo dias, e utilizando os seguintes parâmetros:

- Volume captado ( $P \times A \times C \times \eta$ , vide equação 4);
- Área de Captação de 100,75 m<sup>2</sup>;
- C (coeficiente de runoff): 0,95;
- $\eta$  (eficiência do sistema): 0,95;
- Demanda diária: 200 L/s;
- Descarte do sistema: primeiros 2mm

Foi programada com recurso de VBA (Visual Basic for Applications), que simula o comportamento de um reservatório, e realizando um balanço entre as entradas, calculadas pela fórmula 4, e as saídas que se resumem à demanda estipulada. Assim, simulou-se o comportamento diário do nível do reservatório. Como critério de satisfação, estipulou-se um atendimento à demanda em 90% do período, e rodou-se a simulação com os dados do ano de 2004.

Nessas condições, o volume necessário foi muito grande, devido à grande escassez do período. Um reservatório de mais de 50 m<sup>3</sup> se fazia necessário, e obviamente, inviável. Ajustando o modelo, e tendo em vista que não se espera em projeto algum armazenar-se água no período de escassez, e sim no período de abundância, refez-se a simulação adicionando todo o ano de 2003, cuja pluviosidade foi relativamente normal dentro da série. Nesta situação, pode-se atender a demanda estipulada em 90% do tempo com um reservatório de 4500 litros, ou 4,5 m<sup>3</sup>, um valor pouco usual comercialmente, e então ajustado para 5000 litros, ou 5 m<sup>3</sup>, o que resultou no comportamento apresentado na figura 17.

Figura 17 - Simulação do comportamento do reservatório no período 2003-2004.



Fonte: autor.

A configuração utilizada no método da simulação, para um reservatório de 5000 litros, resultou no atendimento da demanda em todos os meses do período, com exceção do período correspondente a março de 2014, o que corresponde a um atendimento em 95% do tempo simulado.

#### 4.3.1 DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS E CONDUTOS

A seleção de calhas e condutos para a situação deste projeto, uma residência de metragem normal, sem grandes áreas de telhado, e com uma inclinação relativamente baixa, foi simplificada. Para o dimensionamento das calhas, seguiu-se a NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989), utilizando-se declividade mínima de 0,5%, estimando a vazão a ser atendida com a fórmula 3, onde o dado de entrada foi uma chuva com Tempo de Retorno de 5 anos, calculada através da série histórica utilizada

no dimensionamento. Os valores indicaram o uso de uma calha de diâmetro de 100 mm, tamanho usual no comércio fabricado em PVC.

Por conveniência, simplificou-se o dimensionamento dos condutos através do uso do critério Rio de Janeiro (MACINTYRE, 1996). Num primeiro momento, está utilizando-se apenas a maior aba do telhado da residência, com 100,75 m<sup>2</sup>, o método indica o uso do diâmetro de 75 mm para os condutos, porém como há possibilidade de aumentar a área de captação apenas instalando calhas na outra aba de telhado, e com a adição dessa área teríamos mais de 130 m<sup>2</sup>, a opção recai sobre condutos de 100 mm de diâmetro, que foi a opção adotada.

#### 4.3.2 ORÇAMENTO, AQUISIÇÃO E EXECUÇÃO

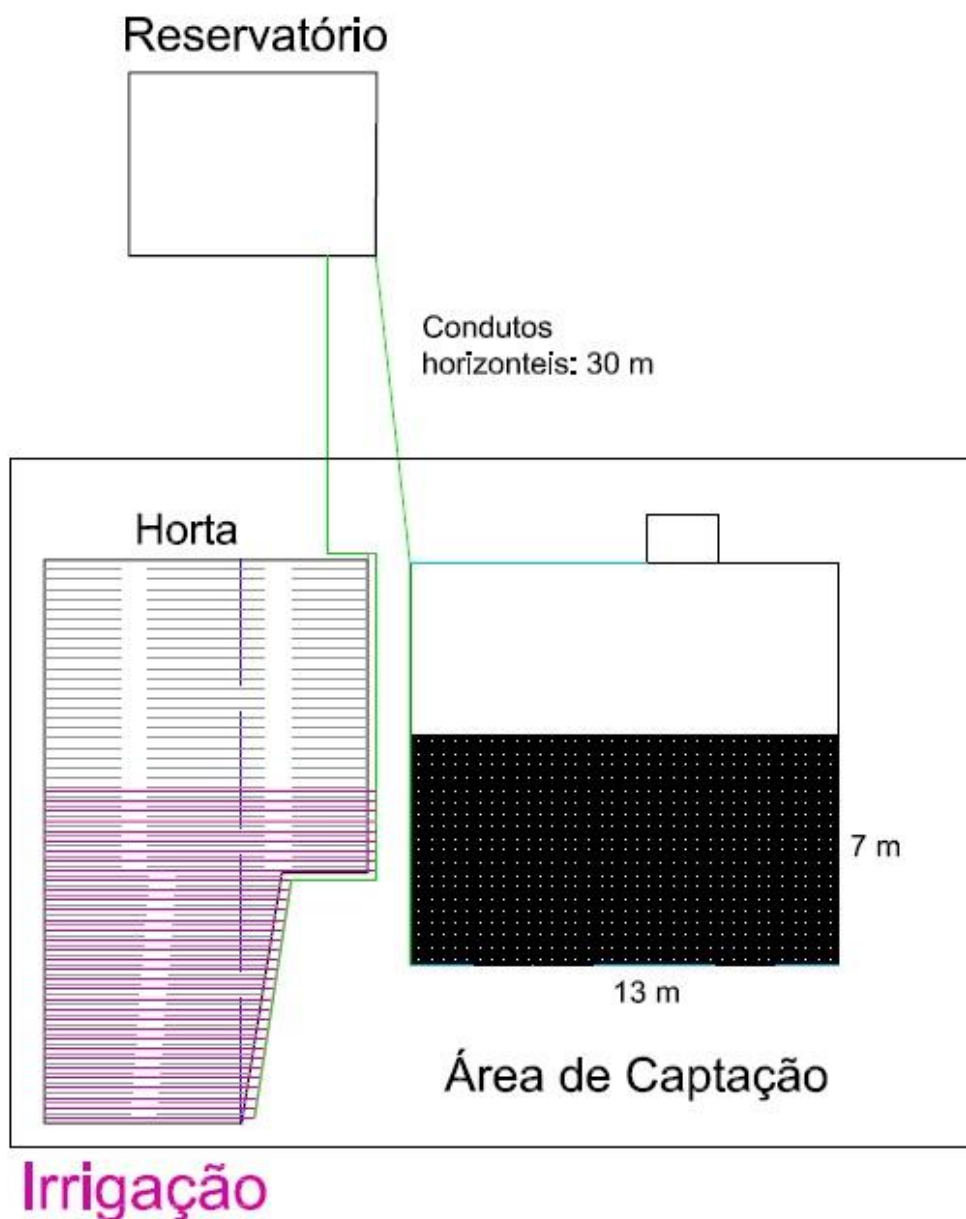
A busca dos materiais necessários foi feita na região, evitando custos de transporte. Os valores obtidos para aquisição das peças necessárias para construção do sistema de captação e armazenamento de água, do menor orçamento encontrado entre os 3 realizados, são demonstrados na tabela 8 de forma reduzida, para as dimensões principais da figura 18.

Tabela 8 - Valores utilizados na aquisição dos materiais hidráulicos para o sistema.

<b>Ítem</b>	<b>Valor</b>
Calhas, condutos, registros, conexões, válvulas, tampões	R\$ 1,560.00
Reservatório	R\$ 1,075.00
<b>Total</b>	<b>R\$ 2,635.00</b>

Fonte: autor.

Figura 18 - Croqui com medidas principais para a aquisição do material hidráulico.



Fonte: autor.

A execução da instalação dos itens dimensionados foi iniciada no mês de março, ocorrendo de forma intermitente até o mês de maio, de acordo com o cronograma já apresentado. O primeiro item instalado foi o conjunto de calhas, da forma já descrita, e agora demonstrada na figura 19.



Figura 19 - Instalação da calha no beiral da aba de telhado escolhida.



Fonte: autor.

Após coletada pela calha, a precipitação é direcionada aos condutos de baixa declividade que a levarão ao reservatório de água de descarte e ao reservatório de acumulação. Uma derivação, antecedida por um filtro nos moldes da figura 10, propicia a separação da primeira água das chuvas. Por conveniência, o volume do reservatório de descarte foi garantido com o sistema de condutos fechados, e também para não ocupar muito espaço, o volume descartado é referente aos primeiros 2 mm de chuva. Foi instalada no fim do reservatório de descarte uma válvula em registro globo, para facilitara seu esvaziamento, que deve ser realizado sempre que parar a precipitação.

Após a separação do volume a ser descartado, o fluxo continua pelos condutores horizontais até o reservatório.

As figuras de 20 a 29 descrevem a instalação destes itens.

Figura 20 - Vista superior do filtro autolimpante caseiro.



Fonte: autor.

Figura 21 - Conexão entre calha e condutos.



Fonte: autor.

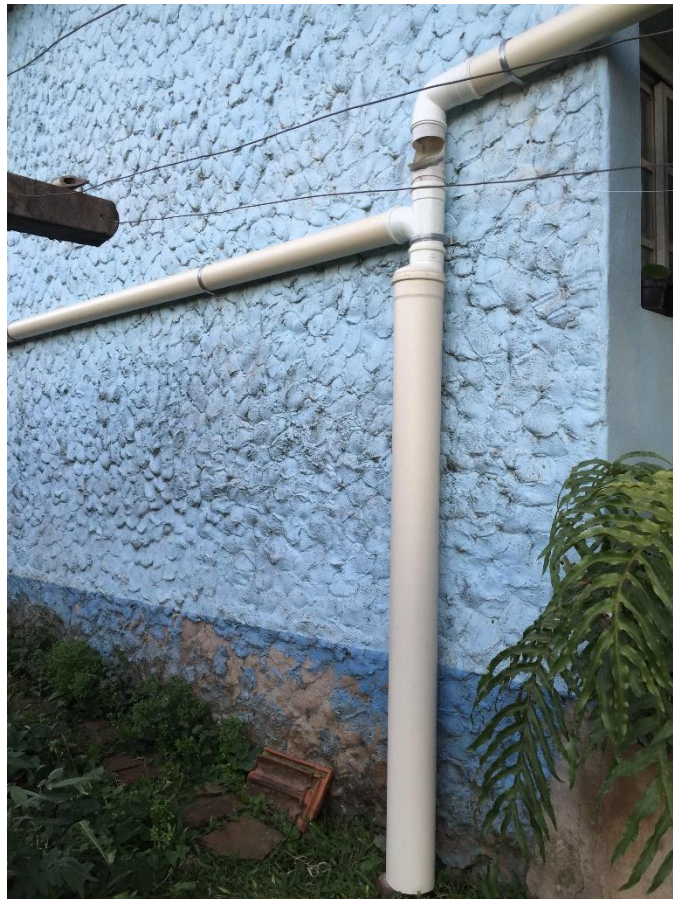


Figura 22 - Sistema de separação da água de descarte.



Fonte: autor.

Figura 23 - Instalação do reservatório de descarte.



Fonte: autor.



Figura 24 - Saída do reservatório de descarte em tubos.



Fonte: autor.

Figura 25 - Vista do sistema de condutos e reservatório ao fundo.



Fonte: autor.

Figura 26 - Junção do conduto com o reservatório.



Fonte: autor.



Figura 27 - Fixação de poste para suporte das cargas dinâmicas do escoamento.



Fonte: autor.

Figura 28 - Saída do Reservatório para o sistema de irrigação.



Fonte: autor.

Figura 29 - Conduto do sistema de irrigação.



Fonte: autor.

#### 4.3.3 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

Para implantação do sistema de irrigação não foi utilizada bibliografia sobre o tema, pois não era este o foco principal do projeto, e também pelo fato de que o agricultor já utilizava um sistema rudimentar que funcionava com apenas a carga gravimétrica. Este pequeno sistema atendia o berçário de mudas, e foi copiado para todo o resto da horta. Foram utilizados tubos de polietileno de baixa densidade, vulgarmente conhecidos como “mangueira preta”, com diâmetro interno de  $\frac{3}{4}$  de polegada.

Distribuiu-se os tubos entre leiras pré-definidas, deixando propositalmente algumas leiras de cultivo sem irrigação, para realizar-se posterior comparativo. Entre as leiras escolhidas, os tubos de “mangueira preta” foram furados com o menor diâmetro comercial de broca de aço disponível nas lojas convencionais de materiais de construção, que é o diâmetro de 1 mm.

A figura 30 mostra a disposição dos condutos de gotejamento.



Figura 30 - Sistema de gotejamento durante o primeiro teste.



Fonte: autor.

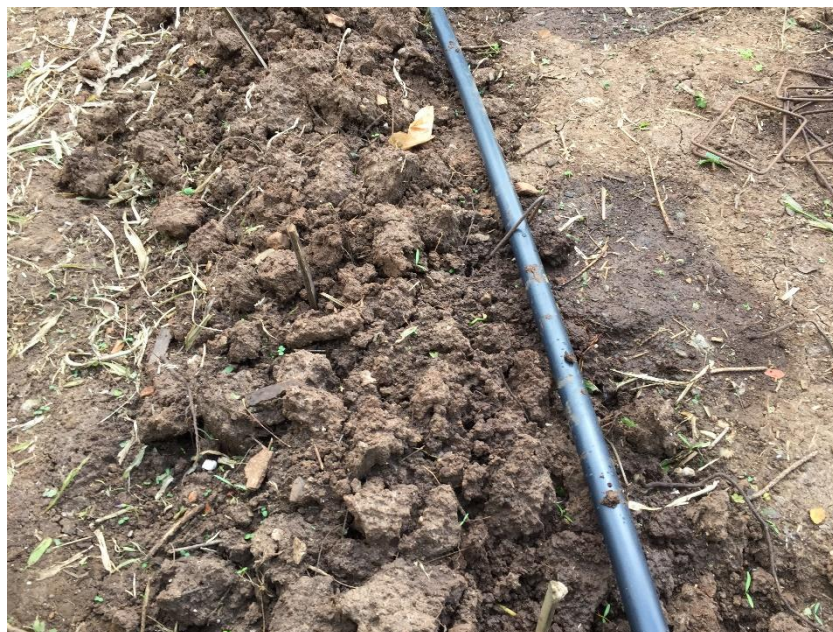
Figura 31 - Detalhe da ramificação do sistema.



Fonte: Autor.



Figura 32 - Efeito da operação da irrigação por 10 minutos.



Fonte: Autor.

Após a execução destes primeiros ramais mostrados nas figuras 30 a 32, foram instalados mais 4, com a mesma disposição, existindo assim, em funcionamento, 6 ramais. A vazão do sistema de irrigação será dependente da altura da lâmina da água presente no reservatório, mas foi determinada de forma empírica através da observância do comportamento do sistema.

Os seis ramais foram abertos durante 15 minutos, e o nível de água no reservatório foi medido antes e após a abertura da irrigação. Com estes volumes foi estimada a vazão do sistema. Obteve-se o valor aproximado de 0,3 L/s, correspondendo à uma vazão de 18 L/min. Essa vazão é alta para um sistema de gotejamento, porém o sistema cumpre a meta de lançar água no solo de forma localizada. Há de se fazer a ressalva que a demanda estimada para a horta se esgota em pouco mais de 11 minutos. Então, o trabalho recomenda a aplicação de 10 minutos de irrigação por dia.

O custo de implementação do sistema de irrigação foi baixo, uma vez que se fez uso dos materiais usualmente encontrados em ferragens e lojas de materiais de construção, os gastos foram descritos na tabela 9.

Tabela 9 - Custos do sistema de irrigação.

Gastos com Material Irrigação		
Item	Quantidade	Valor
“Mangueiras 3/4”	60 m	R\$ 72.00
Registro Globo	3 peças	R\$ 7.50
Tampões	6 peças	R\$ 9.00
Conexões 3/4	16 peças	R\$ 32.00
Broca 1mm	1 peça	R\$ 8.00
<b>Total</b>	<b>R\$ 128.50</b>	

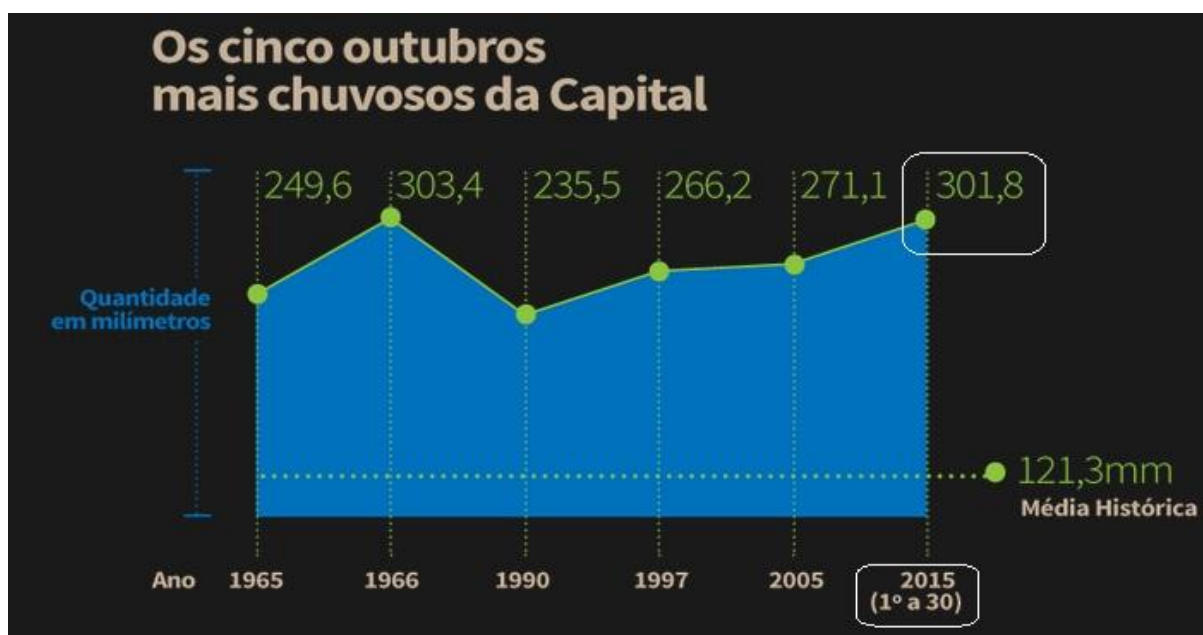
Fonte: autor.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 VOLUME DE ÁGUA CAPTADO

O volume captado pelo reservatório foi afetado pela anormalidade climática do período de 2015. Neste ano, o fenômeno ENSO (El Niño/Oscilação Sul) provocou um regime pluviométrico extremamente alto, provocando cheias no estado do Rio Grande do Sul, onde inclusive o lago Guaíba atingiu valores históricos. A alta pluviosidade também se fez presente no local de estudo, inclusive retirando a necessidade de irrigação das culturas da horta visada para fornecimento de água. Com essa abundância de recursos, o reservatório teve excessos na sua entrada, e drástica redução na demanda a ser atendida, permanecendo praticamente cheio durante todo o período de estudo. Como foram utilizados dados já consistidos em toda a análise, o autor prefere não apresentar dados sem consistência garantida. Para descrever a intensidade das precipitações no período, utiliza-se o registro feito pelo Instituto Nacional de Meteorologia, dados não consolidados, e divulgado em gráfico comparativo em jornal de circulação estadual do Rio Grande do Sul, mostrado na figura 33.

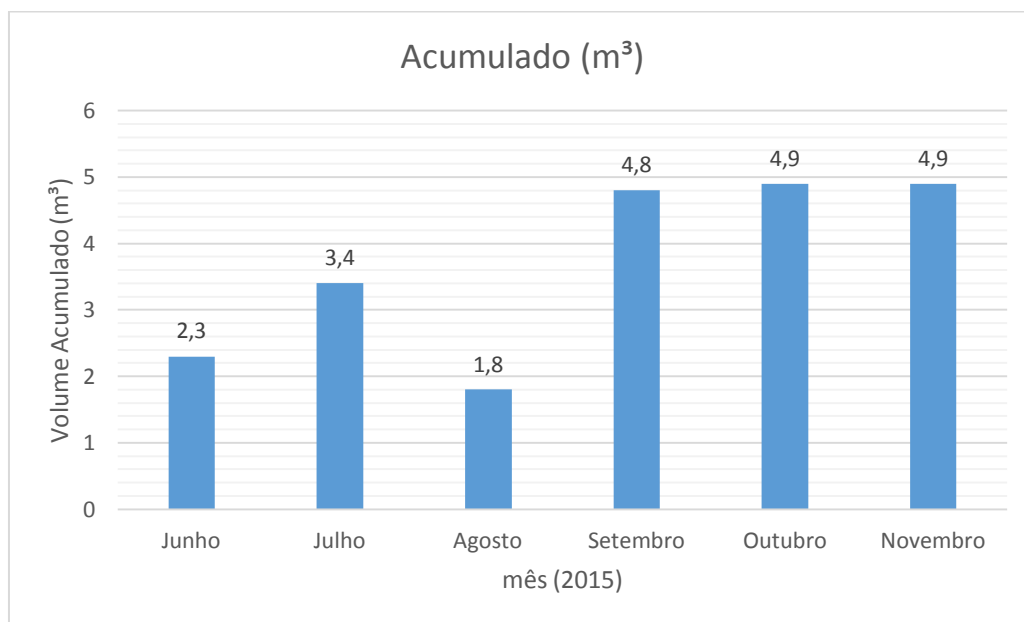
Figura 33 - Comparativo das precipitações históricas no mês de outubro na cidade de Porto Alegre.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, adaptado por Zero Hora.

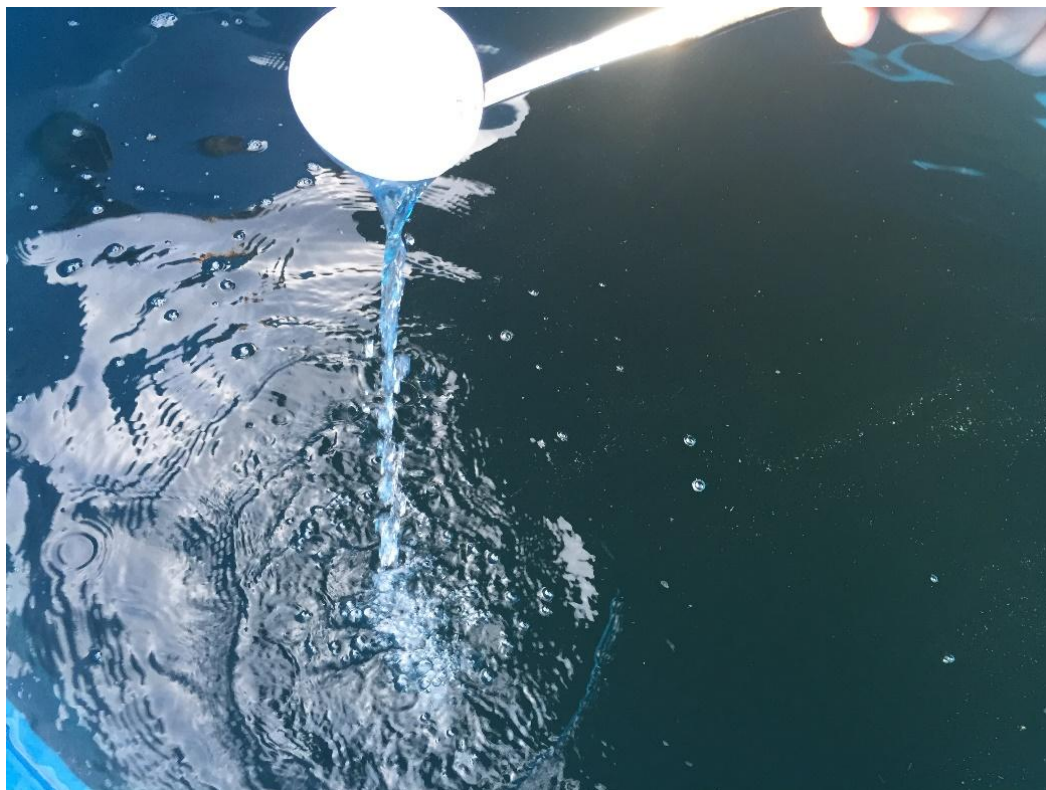
Foram realizadas medições semanais pelos usuários locais, porém estas apresentaram problemas de padronização, fazendo o autor preferir aqui apresentar dados primários, obtidos pelo próprio autor, apesar de terem intervalo de medição mensal. Através da medição da altura da lâmina da água dentro do reservatório, estimou-se o volume de água presente através do volume de um cilindro com a altura medida, e com raio equivalente à média do raio inferior (base do reservatório), com o raio maior (topo do reservatório). A figura 34 mostra a evolução no período de pleno funcionamento. O volume de 4.9 m<sup>3</sup> é o volume efetivo aproximado do reservatório, tendo em vista a existência de uma entrada e um extravasador de excessos (ladrão), de 100 mm.

Figura 34 - Volume acumulado ao longo do ano de 2015.



Fonte: autor.

Figura 35 - Água captada no reservatório em setembro de 2015.



Fonte: autor.

## 5.2 Qualidade da Água Captada

Após captados os primeiros volumes, a água do reservatório foi analisada para determinação dos parâmetros recomendados pela NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), e assim caracterizá-la quanto à sua aptidão para usos mais restritivos. Foram analisados os seguintes parâmetros:

- Turbidez;
- Cor aparente;
- pH;
- Coliformes Termo tolerantes;
- Coliformes Totais;

Nesta etapa não foi realizada a análise de cloro residual por não ter sido feita nenhuma aplicação de cloro ou composto clorado para desinfecção. As análises foram realizadas na Central Analítica da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), que possui laboratório

credenciado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM) para realização de análises ambientais. As análises também foram catalogadas no sistema da FEPAM para registro oficial.

A primeira análise foi realizada no dia 8 de setembro de 2015. Foi amostrada água na ponta inferior do sistema de irrigação, seguindo manual de coleta fornecido pela Central Analítica. O resultado, para os parâmetros acima citados, é mostrado nas tabelas 10 e 11.

Tabela 10 - Resultados para presença de coliformes na análise 1.

Ensaio(s)	Resultado(s)	Unidade	VMP	Metodologia
NMP de Coliformes Termotolerantes	490	NMP/100mL	--	SMEWW 9221 E

Os ensaios acima listados estão cadastrados junto a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental - RS) sob certificado número 00009/2015-DL.

Ensaio(s)	Resultado(s)	Unidade	VMP	Metodologia
NMP de Coliformes Totais	700	NMP/100mL	--	SMEWW 9221 B

Os ensaios acima listados estão com seus cadastros temporariamente indisponíveis na FEPAM, têm seu cadastro dispensado ou ainda referem-se a sub-parâmetros analíticos, os quais, nos dois últimos exemplos, em função da especificidade da legislação e/ou natureza da matriz analisada, não necessitam cadastro junto ao referido órgão.

<b>LEGENDA:</b>		
UFC - Unidades Formadoras de Colônias	NMP - Número Mais Provável	> - Maior que
VMP - Valor Máximo Permitido	mL - Mililitro	< - Menor que

Fonte: Central Analítica – UNISC. A serviço do autor.

Tabela 11 - Resultados físico-químicos para a análise 1.

Ensaio(s)	Resultado(s)	Unidade	VMP	Metodologia
Cor aparente	< 2,0	uH	--	SMEWW 2120 B
pH	7,55	-	--	SMEWW 4500-H B
Turbidez	0,5	uT	--	SMEWW 2130 B

Os ensaios acima listados estão cadastrados junto a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental - RS) sob certificado número 00009/2015-DL.

<b>LEGENDA:</b>		
UFC - Unidades Formadoras de Colônias	NMP - Número Mais Provável	> - Maior que
VMP - Valor Máximo Permitido	mL - Mililitro	< - Menor que

Fonte: Central Analítica – UNISC. A serviço do autor.

A presença de um número significativo de coliformes surpreendeu. A NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) exige a sua ausência, e somado à isso, a resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), de número



357, determina que para a irrigação de plantas rasteiras consumidas cruas, o valor deve estar abaixo de 200 NMP/100mL de Coliformes Totais, e ausente em coliformes Termo Tolerantes.

### 5.3 MEDIDAS DE CORREÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Investigou-se possíveis fontes de contaminação, e chegou-se à conclusão que a alta presença de coliformes poderia vir da presença de ninhos de aves em locais onde alguns galhos se sobrepunham ao telhado usado como área de captação e/ou à contaminação externa nos materiais utilizados, que ficaram por vários dias armazenados em diversos locais diferentes, que careciam de uma higiene adequada, desde sua fabricação até sua instalação, nas diversas etapas dentro do comércio, podendo haver fezes de rato, por exemplo, nos condutos do sistema de irrigação. Foi então aplicada uma dose de hipoclorito de sódio, vendido como água sanitária para limpeza doméstica, de baixo custo e comum na região, para avaliar a potencialidade de um tratamento simplificado utilizando cloro, a ser incorporado posteriormente ao projeto. A solução de 2,5% de hipoclorito de sódio foi adicionada ao reservatório cheio, em uma dose de 150 mL, atingindo assim a concentração de aproximadamente 0,5 mg/L no reservatório. Segundo FUNASA (2014), recomenda-se a aplicação de 100 mL de solução a 2,5% de hipoclorito para cada metro cúbico de água, visando a potabilidade da água, porém esta dose implica em cloro residual livre, o que poderia prejudicar as culturas praticadas no local. Assim, optou-se por utilizar esta dosagem mínima de 0,5 mg/L de hipoclorito no reservatório para avaliar o impacto da adição do mesmo na qualidade da água, indicando um caminho para posterior parametrização de um sistema de desinfecção para o mesmo.

Aplicada esta dosagem, em 16 de outubro de 2015, após realizar limpeza do telhado, podar galhos que se sobrepunham ao telhado, e aplicar a pequena dosagem já descrita de hipoclorito de sódio, deixando-a agir por 24 horas, foi realizada mais uma análise, para os mesmos parâmetros anteriormente analisados. O resultado é mostrado nas tabelas 12 e 13.

Tabela 12 - Resultados da segunda análise - parâmetros físico-químicos.

Ensaio(s)	Resultado(s)	Unidade	VMP	Metodologia
Cor aparente	< 2,0	uH	--	SMEWW 2120 B
pH	6,85	-	--	SMEWW 4500-H B
Turbidez	< 0,1	uT	--	SMEWW 2130 B

Os ensaios acima listados estão cadastrados junto a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental - RS) sob certificado número 00009/2015-DL.

<b>LEGENDA:</b>		
UFC - Unidades Formadoras de Colônias	NMP - Número Mais Provável	> - Maior que
VMP - Valor Máximo Permitido	mL - Mililitro	< - Menor que

Fonte: Central Analítica – UNISC. A serviço do autor.

Tabela 13 - Resultados da segunda análise - coliformes.

Ensaio(s)	Resultado(s)	Unidade	VMP	Metodologia
NMP de Coliformes Termotolerantes	< 18	NMP/100mL	--	SMEWW 9221 E

Os ensaios acima listados estão cadastrados junto a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental - RS) sob certificado número 00009/2015-DL.

Ensaio(s)	Resultado(s)	Unidade	VMP	Metodologia
NMP de Coliformes Totais	< 18	NMP/100mL	--	SMEWW 9221 B

Os ensaios acima listados estão com seus cadastros temporariamente indisponíveis na FEPAM, têm seu cadastro dispensado ou ainda referem-se a sub-parâmetros analíticos, os quais, nos dois últimos exemplos, em função da especificidade da legislação e/ou natureza da matriz analisada, não necessitam cadastro junto ao referido órgão.

<b>LEGENDA:</b>		
UFC - Unidades Formadoras de Colônias	NMP - Número Mais Provável	> - Maior que
VMP - Valor Máximo Permitido	mL - Mililitro	< - Menor que

Fonte: Central Analítica – UNISC. A serviço do autor.

Os resultados mostraram que a aplicação resultou em expressiva redução do número de coliformes fecais, sendo o valor <18 o limite de detecção do método. Essa situação ainda carece avaliação quanto ao cloro residual, e o seu impacto sobre as características do solo, preocupações aqui indicadas para posterior continuidade desta pesquisa.

#### 5.4 RESULTADOS ECONÔMICOS

A principal cultura de cunho econômico da horta é a de morangos, produzidos para venda local. O quilograma de morangos é vendido *in natura*, ao preço de R\$ 11,00, até o momento de publicação deste trabalho. Também neste momento, a previsão de colheita para a safra de novembro/dezembro é de aproximadamente 100 kg, gerando uma renda de R\$ 1100,00 nas condições normais de produção, a lembrar, com irrigação manual por regador em períodos críticos de escassez. Segundo Embrapa (2006), a irrigação que atinge as folhas da



planta aumenta o índice de doenças, proliferação de fungos e parasitas, sendo assim, ao trocar esta irrigação para um sistema localizado e focado na raiz das plantas, estes problemas são reduzidos, apresentando um aumento da produção da ordem de 30% a 50%.

A intenção inicial era averiguar este fato com dados primários, porém o regime de chuvas intensas do período inviabilizou esta intenção. Assim, usando os dados de Embrapa (2006), assim como uma estimativa de redução de custo ao trocar a demanda estipulada pelo uso da água pluvial, ao invés da rede pública, prossegue-se com a estimativa de amortização dos gastos realizados na implementação do projeto. A tabela 14 traz os investimentos totais.

Tabela 14 - Gastos totais com material.

Gastos com Sistema de Captação e Armazenamento		
Ítem	Valor	
Calhas, condutos, registros, conexões, válvulas, tampões	R\$ 1,560.00	
Reservatório	R\$ 1,075.00	
Sub Total 1	R\$ 2,635.00	
Gastos com Material Irrigação		
Item	Quantidade	Valor
Mangueiras 3/4"	60 m	R\$ 72.00
Registro Globo	3 peças	R\$ 7.50
Tampões	6 peças	R\$ 9.00
Conexões 3/4	16 peças	R\$ 32.00
Broca 1mm	1 peça	R\$ 8.00
Sub Total 2	R\$ 128.50	
Total	R\$ 2,763.50	

Fonte: Autor.

Utilizou-se o valor do metro cúbico excedente do plano básico de serviços da Companhia Estadual de Saneamento (CORSAN), para estimar a redução de custos da adoção da água pluvial ao invés de utilizar a distribuída pela rede. Na região o metro cúbico excedente é cobrado em R\$ 4,40, sendo este valor utilizado para estimar a amortização dos investimentos. Assim, com uma economia na conta dos serviços de água tratada de R\$ 26,40 ao mês, somados aos ganhos por safra da ordem de R\$ 550,00, o investimento realizado no sistema seja recuperado em 42 meses, ou seja, 3 anos e meio. Vale lembrar que a área não faz um plantio comercial, mas de renda adicional, não sendo o foco econômico principal da propriedade, sendo assim, ampliar a área plantada e o sistema de irrigação acabaria por diminuir este tempo de amortização.

A tabela 15 traz a planilha de cálculo, em passo mensal.

Tabela 15 - Planilha de demonstração dos ganhos com o sistema, desconsiderando inflação e juros.

<b>Mês</b>	<b>Economia</b>	<b>Lucro Adicional na Safra</b>	<b>Ganho Acumulado</b>
1	R\$ 26.40		R\$ 26.40
2	R\$ 52.80		R\$ 52.80
3	R\$ 79.20		R\$ 79.20
4	R\$ 105.60		R\$ 105.60
5	R\$ 132.00		R\$ 132.00
6	R\$ 158.40		R\$ 158.40
7	R\$ 184.80		R\$ 184.80
8	R\$ 211.20		R\$ 211.20
9	R\$ 237.60		R\$ 237.60
10	R\$ 264.00		R\$ 264.00
11	R\$ 290.40		R\$ 290.40
12	R\$ 316.80	R\$ 550.00	R\$ 866.80
13	R\$ 343.20		R\$ 893.20
14	R\$ 369.60		R\$ 919.60
15	R\$ 396.00		R\$ 946.00
16	R\$ 422.40		R\$ 972.40
17	R\$ 448.80		R\$ 998.80
18	R\$ 475.20		R\$ 1,025.20
19	R\$ 501.60		R\$ 1,051.60
20	R\$ 528.00		R\$ 1,078.00
21	R\$ 554.40		R\$ 1,104.40
22	R\$ 580.80		R\$ 1,130.80
23	R\$ 607.20		R\$ 1,157.20
24	R\$ 633.60	R\$ 550.00	R\$ 1,733.60
25	R\$ 660.00		R\$ 1,760.00
26	R\$ 686.40		R\$ 1,786.40
27	R\$ 712.80		R\$ 1,812.80
28	R\$ 739.20		R\$ 1,839.20
29	R\$ 765.60		R\$ 1,865.60
30	R\$ 792.00		R\$ 1,892.00
31	R\$ 818.40		R\$ 1,918.40
32	R\$ 844.80		R\$ 1,944.80
33	R\$ 871.20		R\$ 1,971.20
34	R\$ 897.60		R\$ 1,997.60
35	R\$ 924.00		R\$ 2,024.00
36	R\$ 950.40	R\$ 550.00	R\$ 2,600.40
37	R\$ 976.80		R\$ 2,626.80
38	R\$ 1,003.20		R\$ 2,653.20
39	R\$ 1,029.60		R\$ 2,679.60
40	R\$ 1,056.00		R\$ 2,706.00
41	R\$ 1,082.40		R\$ 2,732.40
42	R\$ 1,108.80	R\$ 275.00	<b>R\$ 3,033.80</b>

Fonte: autor.

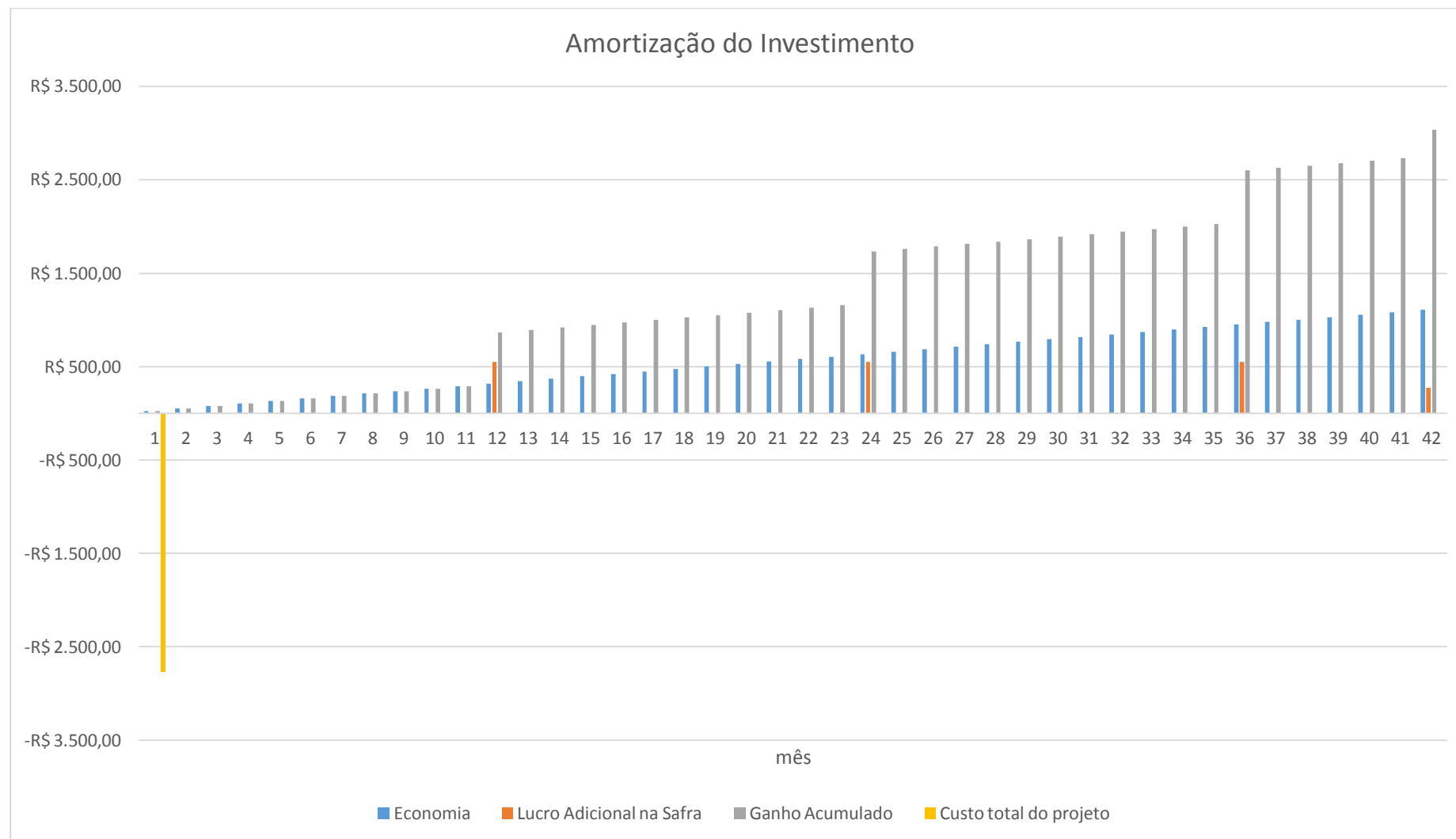
Assim, colocando lado a lado o custo e os ganhos ao longo do tempo, mostra-se que no mês 42 após a instalação os investimentos são recuperados. A figura 36 traz o gráfico da amortização. Esta estimativa do tempo de retorno do investimento é simplificada, e prévia à obtenção da primeira safra irrigada no local do projeto, necessitando mais dados e detalhes para melhor descrição do retorno do investimento. A figura 36 traz o sistema já em funcionamento, e com os ramais de irrigação já instalados.

Figura 36- Ramais de irrigação em funcionamento.



Fonte: autor.

Figura 37 - Amortização do Investimento



Fonte: autor.

## 6. DISCUSSÃO

### 6.1 A QUALIDADE DA ÁGUA NO RESERVATÓRIO

A qualidade da água captada, e apurada na primeira análise, foi uma surpresa. A grande quantidade de coliformes em uma água que a princípio não tinha nenhuma fonte de contaminação explicita o fato de que a potabilidade da água é mais difícil de identificar do que pode parecer pelo velho princípio da ausência de cor, odor e sabor. O presente trabalho caracterizou a água bruta, e mostrou que ela não é potável, e também não é, a princípio, apta para irrigação de hortaliças e vegetais rasteiros consumíveis sem a existência de ao menos uma desinfecção simplificada. Assim, acaba-se por agir no sentido de desmistificar a alternativa da água pluvial como fonte de água necessariamente com boa qualidade.

Uma possibilidade avaliada, e ainda a ser posta em prática, na provável continuação da pesquisa nesta unidade piloto desenvolvida, é a instalação de um clorador por pastilha, a ser adicionado na entrada do reservatório. A aplicação de uma dose pequena de hipoclorito de sódio foi realizada para servir de indicativo da possível eficácia deste método, e os resultados mostraram que a adição de cloro, em alguma de suas formas, será eficaz na desinfecção.

A portaria número 2914, de 2011, do Ministério da Saúde, determina que a água potável distribuída pelas redes públicas é de 0,5 mg/L, que foi a concentração buscada com a adição de hipoclorito. Os resultados obtidos com esta concentração sugerem que o sistema tem potencial para a obtenção de água potável com um método de tratamento simplificado.

A adição de compostos clorados, buscando manter a concentração mínima, recomendada pelo Ministério da Saúde, de cloro residual também age como garantia da segurança sanitária do sistema. A preocupação com a proliferação de mosquitos e outros insetos potencialmente vetores de doenças necessita ser imposta, pois atualmente o Brasil se encontra em um momento de difusão para todo o território de doenças como a dengue, já antiga no país, e as recentemente chegadas no território brasileiro, a febre chikungunya e zika, doenças trazidas da África e que aqui encontram um ambiente propício para sua difusão, ao utilizar o *Aedes aegypti* como vetor de transmissão.

### 6.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS E POSSIBILIDADES DE MELHORIAS

O projeto já previu sua ampliação, possibilitando facilmente aumentar a área de captação, ao instalar calhas na outra aba do telhado e apenas ligando a saída da calha nos

condutos que passam próximos à ela. No que se refere ao sistema em si, o sistema de filtro autolimpante apresenta perdas consideráveis, após a instalação vertical, no momento posicionou-se ele em ângulo de 45°, aguardando visualização de seu funcionamento para determinar se as perdas são menores, e se há prejuízos.

A inclinação dos condutos horizontais se mostrou um fator muito importante, devido ao comprimento dos mesmos. Em eventos de precipitação intensos, a baixa declividade ocasiona um nível da água relativamente alto dentro dos condutos, ocasionando um esforço vertical excessivo aos suportes instalados, mesmo estes respeitando as distâncias referidas nas normas técnicas já citadas.

Por fim, notou-se dificuldades na vedação dos encaixes do reservatório da água de descarte, e no suporte estrutural do mesmo. Notadamente, os modelos caseiros encontrados na bibliografia são muito idealizados, e não funcionam da exata forma que são divulgados. Assim, apoiou-se o mesmo no chão, e fixou-se com braçadeiras de metal, sendo adicionado um registro globo para seu esvaziamento, evitando retirada de peças do conjunto tubo/tampão a cada esvaziamento. Assim, de uma forma geral, o que a bibliografia sugere para os reservatórios de descarte e filtros autolimpantes ainda é insuficientemente descrito e desenvolvido para ser prático de reproduzir em um ambiente simples.

## 7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com este trabalho mostram que a captação de água pluvial para atender demandas locais domiciliares e rurais em pequena escala é viável e promissora, em contrapartida, demonstram que a preocupação com a qualidade não pode ser menosprezada, e ao contrário do que pensa o senso comum instaurado, as águas pluviais necessitam também de monitoramento e tratamento adequado, tendo em vista o fim pretendido.

A análise financeira realizada foi simplificada, mas suficiente para perceber alguns fatos importantes. O primeiro deles, é que o investimento é razoável para o padrão brasileiro de produtor familiar, e a taxa de retorno existente do mesmo é lenta, porém constante, assim, há garantia na recuperação do investimento, porém o mesmo leva um tempo também considerável para acontecer. Uma vez que acumular o valor inicial pode ser um problema para o pequeno agricultor, sugere-se o uso de linhas de crédito rural focadas na agricultura familiar, como por exemplo, o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF). Se o valor inicial puder ser obtido por crédito rural, o produtor pode fazer uso do retorno de investimento obtido durante o período de carência do programa para quitar o mesmo.

Por fim, espera-se com este trabalho, ao projetar, executar e avaliar os resultados de um sistema de captação de água da chuva, e descrever os procedimentos e problemas enfrentados, contribuir para o uso correto de uma fonte de recurso hídrico tão abundante, mas ainda, à contrassenso, pouco descrita e utilizada.

## **8. RECOMENDAÇÕES E ESTUDOS FUTUROS**

A continuidade do estudo tem por itens prioritários um melhor estudo da possibilidade de implementação de tratamento simplificado, a coleta de dados da produção do período de dezembro/2015 a março/2016, para assim detalhar o tempo de retorno do investimento.

Recomenda-se que seja dimensionado um clorador de passagem, utilizando pastilhas de cloro, seguido de uma campanha amostral para avaliara os mesmos parâmetros já avaliados neste trabalho, acrescidos da medição do cloro residual. É preferível o uso de um clorador de passagem sobre o uso de adições manuais de hipoclorito, uma vez que automatizar o processo traz maiores garantias sanitárias, contribuído para que se evite proliferação de mosquitos e outros vetores no reservatório.

Sobre o retorno do investimento, se intenciona realizar estudo que embase a decisão de aumentar, ou não, a área plantada de cada cultura, identificando quais culturas tiram maior proveito da irrigação, e avaliar qual seria o retorno com áreas maiores.

Como recomendação à continuidade do uso, fica a necessidade de monitoramento cuidadoso dos aspectos sanitários do sistema, através da realização de limpeza periódica, tratamentos simplificados, evitando assim contaminações e proliferação de vetores.



## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conservação e Reúso da Água em Edificações**. São Paulo, 2006.

ALVES, A. **Agricultura orgânica no Brasil: sua trajetória para certificação compulsória**. Revista Brasileira de Agroecologia. São Paulo, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR10844: instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12213: projeto de captação de água de superfície para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992<sup>a</sup>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12217: projeto de reservatórios de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos**. Rio de Janeiro, 2007a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.

BARBOSA, W. F. e SOUSA, E. P. **Agricultura orgânica no Brasil: características e desafios**. 2012, Revista Economia & Tecnologia (RET), Volume 8, p. 67 – 74.

BRASIL. **Lei Federal Nº 10.831** – Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria Nº 2914, 12 de dezembro de 2011** – Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. 2012. 219 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. **The State of Food and Agriculture** – Innovation in Family Farming. United Nations, 2014.

FUNASA, **Manual de Orientações Técnicas para Elaboração de Propostas para o Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares**, Ministério da Saúde. Brasília, 2014.

GNADLINGER, J. **A Contribuição da Captação de Água de Chuva para o Desenvolvimento Sustentável do Semi-Árido Brasileiro – Uma Abordagem Focalizando o Povo**. 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de chuva no Semi-árido. Campina Grande – PB, 2001.

GUILHOTO, J. J. M et al, **A Importância da Agricultura Familiar no Brasil e em Seus Estados**, Departamento de Economia, FEA/USP, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2014**. Rio de Janeiro, 2014.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, **Manual Para Captação Emergencial e Uso Doméstico de Água da Chuva**. São Paulo, 2014.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 3. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

MAZZOLENI, E. M. e NOGUEIRA, J. M. **Agricultura orgânica: características básicas do seu produtor**. Revista Economia e Sociologia Rural. 2006, volume 44, p 263 – 293.

VELOSO, N. S. L, MENDES, R. L. R. **Aspectos legais do uso da água da chuva no Brasil e a gestão dos recursos hídricos: notas teóricas**. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves – RS, 2013.

NETO, C. O. A., **Água de Chuva: Alternativa para Conviver com a Seca**, XII Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal – Brasil, 2014.

OLIVEIRA, P. A. V., et al. **Aproveitamento da Água da Chuva na Produção de Suínos e Aves**. EMBRAPA SUÍNOS E AVES, Santa Catarina – Brasil, 2012.

PORTO ALEGRE. Secretaria de Planejamento Municipal. **Lei n. 10506**, de 5 de agosto de 2008. Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Porto Alegre, RS, 2008. Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-brs?s1=000029949.DOCN.&l=20&u=/netahtml/sirel/simples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT>>. Acesso em: março de 2015.

PORTO, E. V. **Captação e Aproveitamento de Água da Chuva na Produção Agrícola dos Pequenos Produtores no Semiárido Brasileiro**. Centro de Pesquisa do Trópico Semiárido, 2011.

PROJETO experimental de aproveitamento da água da chuva com a tecnologia da mini cisterna para residência urbana: manual de construção e instalação. Sempre Sustentável, 2012. Disponível em: <<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica.htm>>. Acesso em maio 2015.

SCHNEIDER, S. **Agricultura familiar e desenvolvimento rural endógeno: elementos teóricos e um estudo de caso**. In: Froehlich, J.M.; Vivien Diesel. (Org.). Desenvolvimento Rural - Tendências e debates contemporâneos. Ijuí: Unijuí, 2006.

TUCCI, C. E. M. **Gestão das Águas Pluviais Urbanas**. 1 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

## 10. APÊNDICES

### 10.1 PLANILHA DE AMORTIZAÇÃO

Foram utilizados os seguintes dados na estimativa de amortização do projeto.

Tabela 16 - Dados da Amortização.

Dados Usados na Amortização	
<b>Custo total do projeto</b>	-R\$ 2,763.50
<b>preço m³ de água</b>	R\$ 4.40
<b>Demanda diária estipulada</b>	R\$ 0.20
<b>Consumo mensal de água</b>	R\$ 6.00
<b>Economia mensal</b>	R\$ 26.40
<b>Rendimento em poupança do valor investido</b>	-R\$ 18.42
<b>Produção/Safra (Kg)</b>	100
<b>Aumento de produção</b>	1.5
<b>Valor de Venda do Kg</b>	R\$ 11.00
<b>Renda sem Irrigação</b>	R\$ 1,100.00
<b>Renda com Irrigação</b>	R\$ 1,650.00
<b>Ganho por safra</b>	R\$ 550.00

## 10.2 PLANILHA DO DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO



Figura 39 - Balanço do volume do reservatório em cada dia do período simulado. Método da Simulação (continuação).

C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	Saldo Mensal (Litros)	Volume Possível de Captação	Volume Líquido Captado	Extravasado
-200	2701.6	-200	1180.28	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	66.65	66.65	66.65	0
8605.55	-200	-200	-200	444.8	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	13778.725	13845.375	5000	8845.375
-200	-200	1472.45	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	2157.55	15249.675	29095.05	5000	24095.05
-200	-200	-200	-200	-200	-200	747.05	-200	2369.1	9149.6	3477.4	-200	13819.025	42914.075	5000	37914.075
-200	-200	-200	2298.6	-129.48	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-3278.25	39635.825	1721.75	37914.075
-200	-200	1250.8	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	8489.35	48125.175	5000	43125.175
-200	-200	444.8	1432.15	797.43	-200	1150.1	313.83	-200	-200	-200	-200	5789.25	53914.425	5000	48914.425
-200	-200	-200	-200	3729.3	666.45	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-1353.925	52560.5	3646.075	48914.425
787.35	837.725	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	56.575	52617.075	3702.65	48914.425
1139.98	-200	-200	-200	-200	1452.3	8827.2	-200	-200	-200	-200	-200	8126.65	60743.725	5000	55743.725
-200	-200	-200	-200	-200	2469.9	-200	-200	-200	-200	-200	-200	11773.8	72517.525	5000	67517.525
-200	5885.3	-200	263.45	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	21899.175	94416.7	5000	89416.7
-200	-159.7	-200	-200	-200	-18.65	-200	-200	-200	-200	747.05	-200	-4517.475	89899.225	482.525	89416.7
-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	3320.875	93220.1	3803.4	89416.7
-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-4527.55	88692.55	0	88692.55
-200	-200	243.3	6157.33	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	5003.4	93695.95	5000	88695.95
-200	-200	-200	-200	-200	1442.2	1996.4	-200	-200	-200	-200	-200	2545.1	96241.05	5000	91241.05
-200	-200	-200	-200	-200	-200	1240.7	686.6	-200	-200	-200	-200	1809.625	98050.675	5000	93050.675
-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	3013.9	1754.55	1819.7	99870.375	5000	94870.375
-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	802.125	100672.5	5000	95672.5
-200	1502.68	2348.98	1754.55	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	4993.325	105665.825	5000	100665.825
-200	-200	-200	-200	313.83	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	4429.125	110094.95	5000	105094.95
-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	2645.85	112740.8	5000	107740.8
2046.73	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	2837.275	115578.075	5000	110578.075

### 10.3ANÁLISES DAS AMOSTRAS DE ÁGUA CAPTADA

**Cliente**

Marcio Alexandre Nicknig  
Rua Coronel Vicente, 408 Apto 906 - Centro Histórico - Porto Alegre/RS  
Telefone: (51) 8215-0693  
Contato: Marcio Alexandre Nicknig

**Amostra**

Tipo: Água bruta  
Identificação: -  
Local da Coleta: Linha Andréas, km 23 - Vera Cruz - RS  
Ponto de Coleta: Reservatório de água  
Responsável pela coleta: O cliente  
Informações adicionais: Água da chuva  
Data/Hora da coleta: 08/09/2015 13:30  
Data de entrada no laboratório: 08/09/2015  
Período de análise: 08/09/2015 a 13/09/2015  
Condições meteorológicas nas últimas 24 horas: --  
Condições do leito do rio (nível da água): --

**Resultado(s)**

Ensaio(s)	Resultado(s)	Unidade	VMP	Metodologia
NMP de Coliformes Termotolerantes	490	NMP/100mL	--	SMEWW 9221 E

Os ensaios acima listados estão cadastrados junto a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental - RS) sob certificado número 00009/2015-DL.

Ensaio(s)	Resultado(s)	Unidade	VMP	Metodologia
NMP de Coliformes Totais	700	NMP/100mL	--	SMEWW 9221 B

Os ensaios acima listados estão com seus cadastros temporariamente indisponíveis na FEPAM, têm seu cadastro dispensado ou ainda referem-se a sub-parâmetros analíticos, os quais, nos dois últimos exemplos, em função da especificidade da legislação e/ou natureza da matriz analisada, não necessitam cadastro junto ao referido órgão.

**LEGENDA:**

UFC - Unidades Formadoras de Colônias	NMP - Número Mais Provável	> - Maior que
VMP - Valor Máximo Permitido	mL - Mililitro	< - Menor que

**Observações**

Metodologia analítica segundo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2012).

A escolha do ponto de coleta da amostra, como também sua identificação, são de responsabilidade do cliente.

O presente relatório de ensaio somente terá validade perante a FEPAM no caso da coleta da amostra ser realizada por profissional habilitado com Anotação de Função Técnica - designado pelo cliente ou pela Central Analítica.



"Os resultados apresentados neste relatório de ensaio tem significação restrita e se aplicam somente a amostra ensaiada. As informações referentes a amostragem são de responsabilidade do cliente, exceto quando a coleta é realizada pela Central Analítica. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada integralmente, sem nenhuma alteração."

Santa Cruz do Sul, 14 de setembro de 2015.



**Paulo Roberto Theisen**  
Responsável Técnico  
CRBio 53915-03D

Código de Segurança: 69DBF39C7B565EAF40386ED35A4FD075

**Cliente****Marcio Alexandre Nicknig**

Rua Coronel Vicente, 408 Apto 906 - Centro Histórico - Porto Alegre/RS

Telefone: (51) 8215-0693

Contato: Marcio Alexandre Nicknig

**Amostra**

Tipo: Água bruta

Identificação: -

Local da Coleta: Linha Andréas, km 23 - Vera Cruz - RS

Ponto de Coleta: Reservatório de água

Responsável pela coleta: O cliente

Informações adicionais: Água de chuva

Data/Hora da coleta: 08/09/2015 13:30

Data de entrada no laboratório: 08/09/2015

Período de análise: 08/09/2015 a 10/09/2015

Condições meteorológicas nas últimas 24 horas: --

Condições do leito do rio (nível da água): --

**Resultado(s)**

Ensaio(s)	Resultado(s)	Unidade	VMP	Metodologia
Cor aparente	< 2,0	uH	--	SMEWW 2120 B
pH	7,55	-	--	SMEWW 4500-H B
Turbidez	0,5	uT	--	SMEWW 2130 B

Os ensaios acima listados estão cadastrados junto a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental - RS) sob certificado número 00009/2015-DL.

**LEGENDA:**

UFC - Unidades Formadoras de Colônias

NMP - Número Mais Provável

&gt; - Maior que

VMP - Valor Máximo Permitido

mL - Mililitro

&lt; - Menor que

**Observações**

Metodologia analítica segundo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2012).

O intervalo entre a coleta e o recebimento da amostra na Central Analítica para análise de pH, foi superior ao recomendado, consequentemente os resultados podem não refletir as condições iniciais da mesma.

A escolha do ponto de coleta da amostra, como também sua identificação, são de responsabilidade do cliente.

O presente relatório de ensaio somente terá validade perante à FEPAM no caso da coleta da amostra ser realizada por profissional habilitado com Anotação de Função Técnica - designado pelo cliente ou pela Central Analítica.

"Os resultados apresentados neste relatório de ensaio tem significação restrita e se aplicam somente a amostra ensaiada. As informações referentes a amostragem são de responsabilidade do cliente, exceto quando a coleta é realizada pela Central Analítica. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada integralmente, sem nenhuma alteração."

Santa Cruz do Sul, 11 de setembro de 2015.


**Alcido Kirst**

Responsável Técnico

CRQ-V 05100435

Código de Segurança: E1DB0204554FF028FB782A63BE4FA535

Cadastrado na FEPAM como Laboratório de Análises Ambientais sob o certificado Nº 00009/2015-DL

UNISC / Central Analítica Av. Independência, 2293 - Bloco 11 - 96.815-900 - Santa Cruz do Sul (RS) ☎ (51) 3717 7500

www.unisc.br/centralanalitica ✉ central@unisc.br

**Cliente****Marcio Alexandre Nicknig**

Rua Coronel Vicente, 408 Apto 906 - Centro Histórico - Porto Alegre/RS

Telefone: (51) 8215-0693

Contato: Marcio Alexandre Nicknig

**Amostra**

Tipo: Água bruta

Identificação: -

Local da Coleta: Linha Andréas - Vera Cruz - RS

Ponto de Coleta: Reservatório

Responsável pela coleta: O cliente

Informações adicionais: -

Data/Hora da coleta: 16/10/2015 15:15

Data de entrada no laboratório: 16/10/2015

Período de análise: 16/10/2015 a 18/10/2015

Condições meteorológicas nas últimas 24 horas: -

Condições do leito do rio (nível da água): -

**Resultado(s)**

Ensaio(s)	Resultado(s)	Unidade	VMP	Metodologia
NMP de Coliformes Termotolerantes	< 18	NMP/100mL	--	SMEWW 9221 E
Os ensaios acima listados estão cadastrados junto a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental - RS) sob certificado número 00009/2015-DL.				

Ensaio(s)	Resultado(s)	Unidade	VMP	Metodologia
NMP de Coliformes Totais	< 18	NMP/100mL	--	SMEWW 9221 B
Os ensaios acima listados estão com seus cadastros temporariamente indisponíveis na FEPAM, têm seu cadastro dispensado ou ainda referem-se a sub-parâmetros analíticos, os quais, nos dois últimos exemplos, em função da especificidade da legislação e/ou natureza da matriz analisada, não necessitam cadastro junto ao referido órgão.				

**LEGENDA:**

UFC - Unidades Formadoras de Colônias

NMP - Número Mais Provável

&gt; - Maior que

VMP - Valor Máximo Permitido

mL - Mililitro

&lt; - Menor que

**Observações**

Metodologia analítica segundo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2012).

A escolha do ponto de coleta da amostra, como também sua identificação, são de responsabilidade do cliente.

O presente relatório de ensaio somente terá validade perante à FEPAM no caso da coleta da amostra ser realizada por profissional habilitado com Anotação de Função Técnica - designado pelo cliente ou pela Central Analítica.

"Os resultados apresentados neste relatório de ensaio tem significação restrita e se aplicam somente a amostra ensaiada. As informações referentes a amostragem são de responsabilidade do cliente, exceto quando a coleta é realizada pela Central Analítica. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada integralmente, sem nenhuma alteração."

Santa Cruz do Sul, 19 de outubro de 2015.



**Paulo Roberto Theisen**

Responsável Técnico  
CRBio 53915-03D

Código de Segurança: F3FF1FEFAEAC07630591F489394475B3

**Cliente**

**Marcio Alexandre Nicknig**  
Rua Coronel Vicente, 408 Apto 906 - Centro Histórico - Porto Alegre/RS  
Telefone: (51) 8215-0693  
Contato: Marcio Alexandre Nicknig

**Amostra**

Tipo: Água bruta  
Identificação: -  
Local da Coleta: Linha Andréas - Vera Cruz - RS  
Ponto de Coleta: Reservatório  
Responsável pela coleta: O cliente  
Informações adicionais: -  
Data/Hora da coleta: 16/10/2015 15:15  
Data de entrada no laboratório: 16/10/2015  
Período de análise: 16/10/2015 a 21/10/2015  
Condições meteorológicas nas últimas 24 horas: --  
Condições do leito do rio (nível da água): --

**Resultado(s)**

Ensaio(s)	Resultado(s)	Unidade	VMP	Metodologia
Cor aparente	< 2,0	uH	--	SMEWW 2120 B
pH	6,85	-	--	SMEWW 4500-H B
Turbidez	< 0,1	uT	--	SMEWW 2130 B

Os ensaios acima listados estão cadastrados junto a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental - RS) sob certificado número 00009/2015-DL.

**LEGENDA:**

UFC - Unidades Formadoras de Colônias	NMP - Número Mais Provável	> - Maior que
VMP - Valor Máximo Permitido	mL - Mililitro	< - Menor que

**Observações**

Metodologia analítica segundo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2012).

O intervalo entre a coleta e o recebimento da amostra na Central Analítica para análise de pH, foi superior ao recomendado, consequentemente os resultados podem não refletir as condições iniciais da mesma.

A escolha do ponto de coleta da amostra, como também sua identificação, são de responsabilidade do cliente.

O presente relatório de ensaio somente terá validade perante a FEPAM no caso da coleta da amostra ser realizada por profissional habilitado com Anotação de Função Técnica - designado pelo cliente ou pela Central Analítica.

"Os resultados apresentados neste relatório de ensaio tem significação restrita e se aplicam somente a amostra ensaiada. As informações referentes a amostragem são de responsabilidade do cliente, exceto quando a coleta é realizada pela Central Analítica. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada integralmente, sem nenhuma alteração."

Santa Cruz do Sul, 21 de outubro de 2015.



**Alcido Kirst**  
Responsável Técnico  
CRQ-V 05100435

Código de Segurança: 997CA8273590C8FCBFBA98A859F03EC0